海洋化学手册

HAI YANG HUA XUE SHOU CE





海洋出版社

海洋化学手册

陈德昌 刘涛 顾宏堪 编



内容提要

本书将散见于有关专著和期刊中的海洋化学的数据资料整理集中，本着“取材新近，来源广泛，注重实用，易于查阅”的原则编集成册。主要分为：海水性质、海水组成、气体、无机物、有机物、沉积物、间隙水、放射性物质和海水分析等部分。

本书可供从事海洋化学和有关的科学工作者在工作、学习及教学中参阅。

海洋化学手册

陈德昌　刘　涛　顾宏堪　编

海洋出版社出版（北京市复兴门外大街1号）
新华书店北京发行所发行　海洋出版社印刷厂印刷
开本：850×1168 1/32　印张：14.875　字数：400千字　插页：1
1987年11月第一版　1987年11月第一次印刷
印数：1300

ISBN7-5027-0084-6/O.14

统一书号：17193·0761　¥：4.40元

前　言

海洋化学是海洋科学的重要组成部分。海洋化学与化学、化工、生物、水产、地质、环境保护以及海洋学等学科相互交织、渗透、补充，已成为一个崭新的科学领域。

近年来，在海洋化学方面国内外出版的专著、发表的论文越来越多，其特点是资料丰富，有关的数据比较完善、可靠，涉及面非常广泛，与生产实践的结合日趋紧密，所取得的经济效益也逐渐明显。但是，这些具有重要参考价值的数据、资料，大多都散见于有关的专著和论文之中，在实际使用时极不方便。为了把这些丰富而又分散的数据、资料集中起来，便于读者应用。编者以 J.P.Riley 等主编的《Chemical Oceanography》丛书为主体（已有中译本，海洋出版社出版），并参阅其他有关的专著和杂志，本着“取材新近、来源广泛、注重实用、易于查阅”的原则，在收集大量资料的基础上加以分类整理，取其精华编集成册，奉献给海洋化学和其他有关专家们在科研、教学和生产中查阅、参考。倘若本手册能够为专家和同行们在工作中提供一点方便的话，也就达到编者的目的了。

由于时间仓促、编者水平有限，缺点和错误在所难免，恳请专家及同行们批评指正。

编　者

1984年10月于青岛

目　录

单　位

法定计量单位

SI基本单位

量的名称	单位名称	单位符号
长度	米	m
质量	千克(公斤)	kg
时间	秒	s
电流	安〔培〕	A
热力学温度	开〔尔文〕	K
物质的量	摩〔尔〕	mol
发光强度	坎〔德拉〕	cd

SI辅助单位

量的名称	单位名称	单位符号
〔平面〕角	弧度	rad
立体角	球面度	sr

具有专门名称的SI导出单位

量的名称	量的符号	SI导出单位			
		单位名称	单位符号	用SI单位表示式	用SI基本单位表示式
频率	f	赫〔兹〕	Hz	—	s^{-1}
力，重力	$F,W(P,G)$	牛〔顿〕	N	—	$m\cdot kg\cdot s^{-2}$
压力，压强，应力	p	帕〔斯卡〕	Pa	N/m^2	$m^{-1}\cdot kg\cdot s^{-2}$
能〔量〕，功，热量	$E(W),W(A),Q$	焦〔耳〕	J	$N\cdot m$	$m^2\cdot kg\cdot s^{-2}$
功率，辐〔射能〕通量	P	瓦〔特〕	W	J/s	$m^2\cdot kg\cdot s^{-3}$
电荷〔量〕	Q	库〔仑〕	C	—	$s\cdot A$
电压，电动势，电位，（电势）	U,E,V	伏〔特〕	V	W/A	$m^2\cdot kg\cdot s^{-3}\cdot A^{-1}$
电容	C	法〔拉〕	F	C/V	$m^{-2}\cdot kg^{-1}\cdot s^4\cdot A^2$
电阻	R	欧〔姆〕	Ω	V/A	$m^2\cdot kg\cdot s^{-3}\cdot A^{-2}$
电导	G	西〔门子〕	S	A/V	$m^{-2}\cdot kg^{-1}\cdot s^3\cdot A^2$
磁通〔量〕	ϕ	韦〔伯〕	Wb	$V\cdot S$	$m^2\cdot kg\cdot s^{-2}\cdot A^{-1}$
磁通〔量〕密度，磁感应强度	B	特〔斯拉〕	T	Wb/m^2	$kg\cdot s^{-2}\cdot A^{-1}$
摄氏温度	t,θ	摄氏度	℃	—	K
电感	L,M	亨〔利〕	H	Wb/A	$m^2\cdot kg\cdot s^{-2}\cdot A^{-2}$
光通量	$\phi(\phi_v)$	流〔明〕	lm	—	$cd\cdot sr$
〔光〕照度	$E(E_v)$	勒〔克斯〕	lx	lm/m^2	$m^{-2}\cdot cd\cdot sr$
〔放射性〕活度	A	贝可〔勒尔〕	Bq	—	s^{-1}
吸收剂量	D	戈〔瑞〕	Gy	J/kg	$m^2\cdot s^{-2}$
剂量当量	H	希〔沃特〕	Sv	J/kg	$m^2\cdot s^{-2}$

SI 词头

因数	词头名称		符号
	原文(法)	中文	
10^{18}	exa	艾〔可萨〕	E
10^{15}	peta	拍〔它〕	P
10^{12}	téra	太〔拉〕	T
10^{9}	giga	吉〔咖〕	G
10^{6}	méga	兆	M
10^{3}	kilo	千	k
10^{2}	hecto	百	h
10^{1}	déca	十	da
10^{-1}	déci	分	d
10^{-2}	centi	厘	c
10^{-3}	milli	毫	m
10^{-6}	micro	微	μ
10^{-9}	nano	纳〔诺〕	n
10^{-12}	pico	皮〔可〕	p
10^{-15}	femto	飞〔母托〕	f
10^{-18}	atto	阿〔托〕	a

以上二张表引自《国务院关于在我国统一实行法定计量单位的命令》"国发〔1984〕28号",1984年2月27日.

重量

pg	$=10^{-12}$g	=皮克
ng	$=10^{-9}$g	=纳克
μg	$=10^{-6}$g	=微克
mg	$=10^{-3}$g	=毫克

g		=克
kg	$=10^3$g	=千克(公斤)
t	$=10^6$g	=吨

长 度

nm	$=10^{-9}$m	=纳米
μm	$=10^{-6}$m	=微米
mm	$=10^{-3}$m	=毫米
cm	$=10^{-2}$m	=厘米
m		=米
km	$=10^3$m	=千米(公里)

时 间

s	=秒
min	=分
h	=时
d	=天
a	=年

容 量

μl	$=10^{-6}$l	=微升
ml	$=10^{-3}$l	=毫升
l		=升

本书中通用的符号

A	安培	*I*	电流
A	面积，〔放射性〕活度	int·J	国际焦耳
a	年		
a	加速度	ion	离子

Alk	碱度	J	焦耳
at	原子的	kcal	千卡
atm	标准大气压	kg	千克，(公斤)
B	磁通量	kJ	千焦耳
bar	巴	km	千米，(公里)
C	电容	kW·h	千瓦·小时
c	浓度	*L*	电感
cal	卡	l	升
Ci	居里	*l*	长度
cp	厘泊	*M*	电感
D	吸收剂量	m	米
d	天	*m*	质量
db	分贝	mbar	毫巴
deg	度	MCi	百万居里
dpm	每分钟衰变数	mCi	毫居里
dyn	达因	meq	毫克当量
E	东经	mg	毫克
eq	当量	MHz	百万赫〔兹〕
eV	电子伏〔特〕	min	分
F	力	ml	毫升
G	电导	mm	毫米
gas	气体	mmHg	毫米汞柱
h	小时	mol	摩尔
Hz	赫〔兹〕	V	伏〔特〕
Mt	百万吨	*V*	体积
mV	毫伏	*V*	电位
mW	毫瓦	*v*	速度
N	牛顿，北纬	W	瓦〔特〕
n	中子		

n	转速，物质的量	W	西经
ng	纳克	W	功，重力
nl	纳升	w	速度
nm	纳米	wt	重量
nmol	纳摩尔	X	照射量
P	泊	α	〔平面〕角
P	功率	β	〔平面〕角
p	压强	γ	表面张力，〔平面〕角
ppb	十亿分之一		
ppm	百万分之一	η	粘度
Q	热量，电荷量	θ	时间，摄氏温度，〔平面〕角
R	伦琴		
R	电阻	λ	波长
rpm	每分钟转速	μA	微安
S	南纬	μg	微克
S	盐度	μl	微升
S	面积	μm	微米
s	秒	ν	运动粘度
T	热力学温度	π	圆周率
t	时间，温度(摄氏温度)	ρ	密度
		Φ	磁通量，光通量
U	电压	φ	〔平面〕角
u	速度	Ω	立体角

世界大洋基本数据

世界各大洋的基本数据

	太平洋	大西洋	印度洋	北冰洋	总　计
面积(10^3km^2)					
实际面积	179 679	93 360	74 917	13 100	361 056
占地球表面(%)	35.2	18.3	14.5	2.6	70.6
占海洋表面(%)	50.0	25.0	21.4	3.6	100.00
体积(10^3km^3)	723 747	338 523	291 963	17 000	1 368 233
深度(m)					
平均深度	4028	3626	3897	1300	3704
最大深度	11 034	9218	9074	5449	11 034
水通量(mma^{-1})					
降水量	1330	890	1170		
蒸发量	1320	1240	1320		
河川径流	70	230	80		

世界各个海区的基本数据

名　　称	位　置	面　积 ($10^3 km^2$)	体　积 ($10^3 km^2$)	平均深度 (m)	最大深度 (m)
太平洋 (Pacific Ocean)		179 679	723 747	4028	11 034
白令海 (Bering Sea)	北太平洋	2304	3683	1598	4773
鄂霍次克海 (Okhotsk Sea)	西北太平洋	1590	1230	774	3657
日本海 (Japan Sea)	西太平洋	978	1715	1750	3670
渤海 (Bo Hai, Gulf of)	西太平洋	97	2.5	28	30
黄海 (Yellow Sea)	西太平洋	417	17	40	106
东海 (East China Sea)	西太平洋	800	150	188	2717
南海 (South China Sea)	西南太平洋	3685	3907	1060	5560
苏禄海 (Sulu Sea)	西南太平洋	348	553	1591	5576
苏拉威西海 (Sulawesi Sea)	西南太平洋	435	1556	3645	6220
马鲁古海 (Molukka Sea)	西南太平洋	291	554	1902	4810
哈马黑拉海 (Halmahera Sea)	西南太平洋	95			2039
斯兰海 (Ceram Sea)	西南太平洋	187	227	1209	5319

续 表

名　　称	位　置	面　积 ($10^3 km^2$)	体　积 ($10^3 km^3$)	平均深度 (m)	最大深度 (m)
爪哇海 (Java Sea)	西南太平洋	480	22	45	89
巴厘海 (Bali Sea)	西南太平洋	119	49	411	1590
佛罗勒斯海 (Flores Sea)	西南太平洋	121	222	1829	5234
萨武海 (Sawu Sea)	西南太平洋	105	178	1701	3470
班达海 (Banda Sea)	西南太平洋	695	2129	3064	7440
帝汶海 (Timor Sea)[1]	西南太平洋	615	250	406	3310
阿拉弗拉海 (Arafura Sea)[2]	西南太平洋	1037	204	197	3680
俾斯麦海 (Bismarck Sea)	西南太平洋	310			2665
珊瑚海 (Coral Sea)[4]	南太平洋	4791	11 470	2394	9140
所罗门海 (Solomon Sea)	南太平洋	720	1224	1700	9140
塔斯曼海 (Tasman Sea)	南太平洋	2300			5943
罗斯海 (Ross Sea)	南太平洋	891	624	700	3365
阿蒙森海 (Amundsen Sea)	南太平洋			585	
别林斯高晋海 (Bellingshausen Sea)	南太平洋				4532

续 表

名 称	位 置	面 积 ($10^3 km^2$)	体 积 ($10^3 km^3$)	平均深度 (m)	最大深度 (m)
阿拉斯加湾 (Alaska, Gulf of)	北太平洋	1327	3226	2431	5659
加利福尼亚湾 (California Gulf of)	东太平洋	177	145	818	3660
大西洋 (Atlantic Ocean)		93 360	338 523	3626	9218
波罗的海 (Baltic Sea)	北大西洋东北岸	385	33	86	459
北海 (North Sea)	北大西洋东北岸	544	52	96	433
爱尔兰海 (Irish Sea)	北大西洋东北岸	105	7	67	272
比斯开湾 (Bay of Biscay)	北大西洋伊比利亚与布列塔尼半岛间	194	332	1715	5120
地中海 (Mediterranean Sea)[4]	北大西洋东岸	2505	3839	1541	5121
利古里亚海 (Liguria Sea)	北大西洋东岸				2850
第勒尼安海 (Tyrrhennian Sea)	北大西洋东岸	240	315	1310	3730
亚得里亚海 (Adriatic Sea)	北大西洋东岸	135	33	240	1589
爱奥尼亚海 (Ionian Sea)	北大西洋东岸	570	1197	2100	5092
爱琴海 (Aegean Sea)	北大西洋东岸	190	108	570	3543
马尔马拉海 (Marmara Sea)	北大西洋东岸	11	4	357	1355

续表

名称	位置	面积 ($10^3 km^2$)	体积 ($10^3 km^3$)	平均深度 (m)	最大深度 (m)
黑海 (Black Sea)	北大西洋东岸	413	537	1271	2244
亚速海(Azov Sea)	北大西洋东岸	38	0.3	8	14
加勒比海 (Caribbean Sea)	北大西洋西岸	2754	6860	2491	7680
墨西哥湾 (Mexico, Gulf of)	北大西洋西岸	1543	2332	1512	5203
圣劳伦斯湾 (St.Lawrence)	北大西洋西岸	238	30	127	572
哈德孙湾 (Hudson Bay)	北大西洋西北岸	819	92	112	301
几内亚湾 (Guinea, Gulf of)	南、北大西洋间	1533	4592	2996	6363
斯科舍海 (Scotia Sea)	南大西洋	1300	4420	3400	6468
威德尔海 (Weddell Sea)	南大西洋	2890			8264
印度洋 (Indian Ocean)		74 917	291 963	3897	9074
红海 (Red Sea)	印度洋西北部	450	251	558	2604
波斯湾 (Persian Gulf)[5]	印度洋西北部	241	10	40	104
阿拉伯海 (Arabian Sea)	印度洋西北部	3683	10 070	2734	5208
孟加拉湾 (Bengal, Gulf of)	印度洋东北部	2172	5616	2586	5258

续 表

名　　称	位　　置	面　　积 (10^3km^2)	体　　积 (10^3km^3)	平均深度 (m)	最大深度 (m)
安达曼海 (Andaman Sea)	印度洋东北部	602	660	1096	4198
大澳大利亚湾(Great Australian Bight)	印度洋东南部	484	459	950	5080
北冰洋 (Arctic Ocean)		13 100	17 000	1300	5449
挪威海 (Norwegian Sea)	北欧沿岸	1383	2408	1742	4487
格陵兰海 (Greenland Sea)	北美东北岸	1205	1740	1444	4846
巴伦支海 (Barents Sea)	北欧沿岸	1405	322	229	600
白海 (White Sea)	北欧沿岸	90	5.4	60	340
喀拉海 (Kara Sea)	北亚沿岸	880	104	118	620
拉普帖夫海 (Laptev Sea)	北亚沿岸	650	338	519	3385
东西伯利亚海 (East Siberian Sea)	北亚沿岸	901	53	58	155
楚科奇海 (Chukchi Sea)	北亚、北美沿岸	582	51	88	180
波弗特海 (Beaufort Sea)	北美沿岸	476	478	1004	4683
巴芬湾 (Baffin Bay)[6]	北美东北岸	689	593	861	2744

1)、2) 有的资料将它们划为印度洋边缘海。 3) 包括所罗门海。 4) 包括利古里亚海、第勒尼安海、亚得里亚海、爱奥尼亚海、爱琴海及马尔马拉海。 5) 又名阿拉伯海。 6) 有的资料将它划为北大西洋边缘海。

世界主要海峡

名称	位置	沟通海域	长度 (km)	最狭宽度 (km)	最大深度 (m)	最小深度 (m)
莫桑比克海峡 (Mozambique Channel)	非洲大陆东岸与马达加斯加岛间	南、北印度洋	1670	386	3533	2100
马六甲海峡 (Malacca Str.)	马来半岛与苏门答腊岛间	南海与安达曼海	1080	37	151	25
德雷克海峡 (Drake Str.)	南美洲火地岛与南极半岛间	南太平洋与南大西洋	900	900	5840	2800
哈得孙海峡 (Hudson Str.)	加拿大巴芬岛和拉布拉多半岛间	哈得孙湾与北大西洋	800	100	704	200
鞑靼海峡 (Tatar Str.)	苏联远东区大陆与库页岛间	鄂霍次克海与日本海	633[1]	7.3	230	7.2
麦哲伦海峡 (Magellan Str.)	南美大陆与火地岛间	南大平洋与南大西洋	590	3.3	1170	20
戴维斯海峡 (Davis Str.)	格陵兰岛与加拿大巴芬岛间	巴芬湾与北大西洋		330	446	
丹麦海峡 (Denmark Str.)	格陵兰岛与冰岛之间	格陵兰海与北大西洋	520	260	1600	227
望加锡海峡 (Macassar Str.)	印尼苏拉威西岛与加里曼丹岛间	苏拉威西海与爪哇海	500	130	2458	50

续 表

名 称	位 置	沟 通 海 域	长度 (km)	最狭宽度 (km)	最大深度 (m)	最大深度 (m)
佛罗里达海峡 (Florida Str.)	美国佛罗里达半岛与古巴间	墨西哥湾与大西洋	480	80	1830	110
英吉利海峡 (English Channel)[2]	英国与法国间	北海与北大西洋	450	32	172	35
托雷斯海峡 (Torres Str.)	澳大利亚与新几内亚岛间	珊瑚海与阿拉弗拉海	400	85	22	14
朝鲜海峡 (Chosun Haehyop)	朝鲜与日本九州岛间	黄海、东海与日本海	390	180[3]	230	115
台湾海峡	中国福建省与台湾省间	东海与南海	380	130	1680	40
巴斯海峡 (Bass Str.)	澳大利亚与塔斯马尼亚岛间	印度洋与塔斯曼海	317	128	128	49
斯卡格拉克海峡 (Skagerrak Str.)	丹麦日德兰半岛与挪威间	北海与波罗的海	300	110	809	100
尤卡坦海峡 (Yucatan Str.)	墨西哥尤卡坦半岛与古巴间	墨西哥湾与加勒比海	270	216	2202	90
向风海峡 (Windward Passage)	古巴岛与海地岛间	加勒比海与大西洋	230	80	1700	290
对马海峡 (Tsushima Kiakyo)	日本对马岛与壹岐岛间	日本海与东海	222	46.3	129	92
库克海峡 (Cook Str.)	新西兰南、北岛间	塔斯曼海与太平洋	205	25	457	71

续 表

名称	位置	沟通海域	长度 (km)	最狭宽度 (km)	最大深度 (m)	最小深度 (m)
突尼斯海峡 (Tunis Str.)	突尼斯与意大利西西里岛间	东、西地中海	240	148	1305	300
卡特加特海峡 (Kattegatt Str.)	丹麦日德兰半岛与瑞典间	北海与波罗的海	230	60	124	10
北海峡 (North Channel)	英国英格兰与北爱尔兰间	爱尔兰海与大西洋	170	20	272	
圣乔治海峡 (Saint Georges Channel)	英国英格兰与爱尔兰间	爱尔兰海与大西洋	160	74	113	82
贝尔岛海峡 (Str.of Belle Isle)	加拿大拉布拉多半岛与纽芬兰岛间	圣劳伦斯湾与大西洋	130	12	146	44
维利基茨基海峡 (Vil' kickogo)	苏联太梅尔半岛与北地群岛间	喀拉海与拉普帖夫海	130	56	210	92
小贝尔特海峡 (Little Baelt)	丹麦日德兰半岛与菲英岛间	北海与波罗的海	125	0.6	80	7
巽他海峡 (Sund Str.)	印尼苏门答腊岛与爪哇岛间	爪哇海与印度洋	120.5	22	978	30
奥特朗托海峡 (Otranto Str.)	南欧亚平宁半岛与巴尔干半岛间	亚得里亚海与爱奥尼亚海	120	76	978	116
保克海峡 (Palk Str.)	印度半岛与斯里兰卡岛间	孟加拉湾与印度洋	120	55	9	2

续 表

名 称	位 置	沟 通 海 域	长度 (km)	最狭宽度 (km)	最大深度 (m)	最小深度 (m)
大贝尔特海峡 (Store Baelt)	丹麦菲英岛与西兰岛间	北海与波罗的海	115	10.5	58	12
渤海海峡	中国辽东半岛同山东半岛间	渤海与黄海	115	105.6	74	30
莫纳海峡 (Mona Passage)	海地岛与波多黎各岛间	加勒比海与大西洋	110	105	1570	60
津轻海峡 (Tsugaru Str.)	日本本州岛与北海道岛间	日本海与太平洋	110	18.5	521	131
新加坡海峡 (Singapore Str.)	马来半岛南端与苏门答腊岛间	南海与安达曼海	110	4.6	157	22
厄勒海峡 (Oresund Sund) 4)	丹麦日德兰半岛与瑞典间	波罗的海与北海	110	3.7	38	12
宗谷海峡 (Soya-Kaikyo Str.) 5)	日本北海道与苏联库页岛间	日本海与鄂霍次克海	101	42	118	50
卡博特海峡 (Cabot Str.)	加拿大纽芬兰岛与布雷顿角岛间	圣劳伦斯湾与大西洋	90	50	529	380
直布罗陀海峡 (Gibraltar Str.)	伊比利亚岛同非洲大陆间	地中海与大西洋	90	14	1181	200
霍尔木兹海峡 (Hormuz Str.)	伊朗与阿拉伯半岛间	波斯湾与阿拉伯海	85	15	219	10

续 表

名 称	位 置	沟通海域	长度 (km)	最狭宽度 (km)	最大深度 (m)	最小深度 (m)
龙目海峡（Lombok Str.）	印尼巴厘岛与龙目岛间	巴厘海与印度洋	80	64	1360	164
巴士海峡（Bashi Str.）	中国台湾岛与菲律宾巴坦岛间	南海与太平洋		95.4	5126	2000
琼州海峡	中国雷州半岛与海南岛间	南海与北部湾	70	18	100	
达达尼尔海峡（Dardanelles Str.）	小亚西亚半岛与巴尔干半岛间	黑海、马尔马拉海与地中海	65	1.3	106	57
白令海峡（Bering Str.）	苏联楚科奇半岛与美国阿拉斯加间	楚科奇海与白令海	60	35	70	30
多佛尔海峡（Dover Str.）[6]	英国与法国间	北海与大西洋	56	33	64	27
曼德海峡（Babel Mandeb）	阿拉伯半岛与非洲大陆间	红海与阿拉伯海	50	17.5	323	30
喀拉海峡（Karskije Vorot）	苏联瓦加奇岛与新地岛间	巴伦支海与喀拉海	50	15	200	50
刻赤海峡（Kerch Str.）	苏联克里木半岛与北高加索间	黑海与亚速海	41	4	15	5
墨西拿海峡（Messina Str.）	意大利亚平宁半岛与西西里岛间	第勒尼安海与爱奥尼亚海	40	3.5	1240	85
博斯普鲁斯海峡（Bosporus Str.）	小亚细亚半岛与巴尔干半岛间	黑海、马尔马拉海与地中海	30	0.72	124	27.5
关门海峡（Kamman Kaikyo）	日本本州岛与九州岛间	日本海与濑户内海	24	0.7	20	13

1） 如包括北部的黑龙江河湾及萨哈林湾，则总长为852km。 2） 法国称拉芒什海峡（La Manche）。
3） 包括对马海峡，狭义的朝鲜海峡指朝鲜半岛和对马岛间，最窄处宽仅50km。 4） 又名松德海峡。
5） 又名拉彼鲁兹海峡（Laperouse Str.）。 6） 法国称加来海峡（Pas de Galais）。

世界主要海沟和海槽

名 称	最深点位置	最大深度 (m)	长 度 (km)	平均宽度 (km)	延伸面积 (km^2)	体 积 (km^3)
A型(面向海洋稳定地块) TYPE A (facing thalassocraton)						
西太平洋 Western Pacific						
千岛-堪察加海沟 Kurile-Kamchatka Trench	44°15′N, 150°34′E	10 542	2200	120	284 000	1 320 000
日本海沟 Japan Trench	36°04′N, 142°41′E	8412	800	100	80 000	336 000
伊豆-小笠原海沟 Idzu-Bonin Trench (including Ramapo Deep)	29°06′N, 142°54′E	9810	800	90	72 000	352 800
马里亚纳海沟 Marianas Trench (including Challenger Deep)	11°21′N, 142°12′E	11 022	2550	70	17 850	98 200
雅普(西加罗林)海沟 Yap (West Caroline) Trench	8°33′N, 138°03′E	8527	700	40	28 000	72 500
帛琉海沟 Palau Trench	7°41′N, 135°05′E	8054	400	40	16 000	64 000

续表

名称	最深点位置	最大深度 (m)	长度 (km)	平均宽度 (km)	延伸面积 (km^2)	体积 (km^3)
新几内亚海槽 New Guinea Trough		5311	440	60	26 400	70 300
西美拉尼西亚海沟 West Melanesin Trench		6534	1100	60	66 000	216 000
西南太平洋 Sauthwest Pacific						
汤加海沟 Tonga Trench	23°15′S, 174°45′W	10 800—10 882	1400	55	77 000	415 800
克马德克海沟 Kermadec Trench	31°53′S, 177°21′W	10 047	1500	60	90 000	450 000
希柯兰其海槽 Hikurangi Trough		3590	700	40	28 000	48 400
东太平洋 Eastern Pacific						
阿留申海沟 Aleutian Trench	51°13′N, 174°48′W	7679	3700	50	185 000	673 000

续 表

名　　称	最深点位置	最大深度 (m)	长度 (km)	平均宽度 (km)	延伸面积 (km²)	体积 (km³)
塞德罗斯海槽 Cedros Trough	27°53′N, 115°56′W	6225	400	40	16 000	49 600
中美海沟(包括阿卡普尔科海渊) Middle America Trench (including Acapulco Deep)	14°02′N, 93°39′W	6662	2800	40	96 000	316 800
秘鲁-智利海沟 Peru-Chile Trench	23°18′N, 71°21′W	8055	5900	100	590 000	2 360 000
合恩角海槽 Cape Horn Trough		4395	1050	50	52 500	115 500
印度洋 Indian Ocean						
阿鲁海槽 Aru Trough		3652	900	25	22 500	42 500
帝汶海槽 Timor Trough		3276	800	40	32 000	51 200
爪哇(印度尼西亚)海沟 Java (Indonesian) Trench	10°20′S, 110°10′E	7450	4500	80	180 000	666 000
马克兰海槽 Makran Trough		3500	400	100	40 000	70 000

续 表

名称	最深点位置	最大深度 (m)	长度 (km)	平均宽度 (km)	延伸面积 (km²)	体积 (km³)
大西洋 Atlantic Ocean						
波多黎各海沟 Puerto Rico Trench	19°38′N, 66°69′W	8385	1550	120	186 000	779 000
凯曼海沟 Cayman Trench	19°10′N, 79°53′E	7093	1460	70	101 500	360 000
多米尼加海沟 Dominican Trench		大约 6200	700	30	21 000	65 000
南桑威奇海沟 South Sandwich Trench	55°07′N, 23°47′W	8428	1450	90	130 500	558 000
伯德伍德海槽 Birdwood Trough		4758	980	40	38 200	90 800
B型（准稳定地块型） TYPE B (quasi-cratonic)						
西太平洋 Western Pacific						
琉球(南西诸岛)海沟 Ryukyu (Nansei Shoto) Trench	28°20′N, 129°40′E	7507	2250	60	135 000	506 000

续 表

名称	最深点位置	最大深度(m)	长度(km)	平均宽度(km)	延伸面积(km²)	体积(km³)
菲律宾海沟(约翰逊角海渊) Philippine Trench (Cape Johnson Deep)	10°25′N, 126°40′E	10 030—10 497	1400	60	84 000	420 000
吕宋海槽 Luzon Trough		4510	600	50	30 000	67 500
马尼拉海槽 Mauila Trough		5245	350	40	14 000	36 400
毛吕海槽 Moru Trough		5842	270	50	13 500	39 400
桑义尔海槽 Sangir Trough		2867	700	70	49 000	68 600
米纳哈萨海槽 Minahassa Trough		5520	550	60	33 000	92 000
弗洛雷斯海槽 Flores Trough		5123	540	40	21 600	56 160
西南太平洋 Southwets Pacific						
新不列颠海沟 New Britain Trench	5°52′S, 152°21′E	9320	750	40	30 000	124 800

续 表

名称	最深点位置	最大深度 (m)	长度 (km)	平均宽度 (km)	延伸面积 (km^2)	体积 (km^3)
布干维尔(北所罗门)海沟 Bougainville (North Solomons) Trench	6°35′S, 153°56′E	8310	500	50	25 000	103 800
基里文纳海槽 Kiriwana Trough		5200	700	35	24 500	63 700
圣克里斯托瓦尔(南所罗门)海沟 San Cristobal (South Solomons) Trench		8310	950	40	38 000	159 700
托里斯（北赫布里底）海沟 Torres (North Hebrides) Trench		9162	750	60	45 000	206 000
新赫布里底海沟 New Hebrides Trench	20°37′S, 168°37′W	9165	1200	70	84 000	385 000
巴布亚海槽 Papuan Trough		2300	750	80	60 000	69 000
新喀里多尼亚海槽 New Caledonia Trough		3932	600	70	42 000	84 000
大西洋和地中海 Atlantic and Mediterranean						
马尔文尼斯海槽 Malvines Trough		3520	1250	80	100 000	175 600

续 表

名 称	最深点位置	最大深度 (m)	长 度 (km)	平均宽度 (km)	延伸面积 (km²)	体 积 (km³)
赫伦尼克(喀里特)海槽 Hellenic (Crete) Trough		6121	1600	40	60 000	153 000
印度洋 Indian Ocean						
阿米兰特海沟 Amirante Trench		9074	680	30	21 400	95 000
C型(横切型) TYPE C (transverse)						
西太平洋 Western Pacific						
东加罗林(木骚)海槽 East Catoline (Mussau) Trough		6920	400	30	12 000	41 400
西南太平洋 Southwest Pacific						
维提亚兹海沟 Vitiaz Trench	10°27′S, 170°17′E	6150	550	60	33 000	105 600

续 表

名称	最深点位置	最大深度 (m)	长度 (km)	平均宽度 (km)	延伸面积 (km^2)	体积 (km^3)
亚萨瓦海槽 Yasawa Trough		4810	480	20	9600	23 000
麦夸里海槽 Macquarie Trough		5851	600	60	36 000	105 000
大西洋 Atlantic Ocean						
罗曼希海沟 Romanche Trench	00°16′S, 18°35′W	7856	300	20	6000	21 900
印度洋 Indian Ocean						
查戈斯海沟 Chagos Trench		5408	2450	70	101 500	434 000
维马海沟 Vema Trench	9°08′S, 67°15′E	6402	700	25	17 600	56 000
毛利求斯海沟 Mauritius Trench		5564	1080	30	32 400	95 400
迪阿曼蒂纳海沟 Diamantina Trench		8230	2160	30	64 800	265 700

续 表

名　称	最深点位置	最大深度 (m)	长　度 (km)	平均宽度 (km)	延伸面积 (km^2)	体　积 (km^3)
鄂毕海沟 Ob Trench		5714	550	30	16 500	45 400
D型(平行型，中间型) TYPE D (parallel, intermediate)						
印度尼西亚 Indonesia						
巴厘海槽 Bali Trough		4251	2300	90	207 000	434 700
萨武海槽 Savu Trough		3370	270	50	13 500	29 950
班达(韦伯)海槽 Banda (Weber) Trough	5°35′S, 130°50′E	7440	660	80	52 000	192 400

注：A型：环绕型，指环绕大洋位于海洋稳定地块边缘的海沟和海槽。

B型：边缘海型，主要指位于毗邻太平洋边缘海内准稳定地块区域的海沟和海槽。

C型：横切型，指横切海脊、海台或大陆构造的海沟和海槽。

D型：平行型，指平行于A型和B型的海槽；中间型指内外岛弧中间的海槽。

摘自：英汉海洋学词汇（1977），P. 765—773，科学出版社。

世界主要海流

海流	位置	流向	出现频率 (%)	流速 (km h⁻¹)	水温特性[1]
太平洋					
北赤道（信风)海流	大体沿北纬10°流动	夏、冬季向西流	25—75	夏季0.9—1.9 冬季0.9—2.8	同温流
台湾海流（黑潮）	沿台湾岛东岸、日本群岛南岸及东岸流动	夏、冬季向东北流	25—75以上	0.9—2.8	暖流
北太平洋海流	平行于北纬40°流动	夏、冬季向东-东南流	25—75	0.9—1.9	暖流
阿拉斯加海流	沿阿拉斯加沿岸流动	夏、冬季向西北-西南流	夏季25—50 冬季25—75	0.9—1.9	同温流
堪察加海流（亲潮）	沿堪察加半岛东岸流动	夏、冬季向西南流	25—75	≤0.9	寒流
千岛海流）亲潮）	沿千岛群岛岸流动	夏、冬季向西南流	25—75	≤0.9	寒流
滨海海流	沿苏联远东区滨海边区南部沿岸流动	夏、冬季向南-西南流	夏季25—50 冬季25—75	≤0.9	寒流
加利福尼亚海流	沿北美洲西岸流动	夏、冬季向东南-西南流	≤25	≤0.9	寒流
赤道逆流（反赤道流）	大体平行于北纬5°—8°流动	夏、冬季向东流	夏季25—75以上 冬季25—75	夏季0.9—2.8 冬季0.9—2.8以上	同温流
棉兰老海流	沿菲律宾棉兰老岛东岸流动	夏、冬季向南-西南流	25—75	0.9—2.8以上	同温流
南赤道（信风）海流	沿赤道流动	夏季向西-西北流 冬季向西流	25—75以上	夏季0.9—2.8 冬季0.9—1.9	同温流
东澳大利亚海流	沿澳大利东岸流动	夏、冬季向南流	25—75	0.9—1.9	暖流
西风漂流	平行于南纬45°—50°流动	夏、冬季向东流	25—50	0.9—1.9	寒流

续表

海流	位置	流向	出现频率(%)	流速(km h⁻¹)	水温特性
合恩角海流	沿火地岛的西南岸流动	夏、冬季向东南-东流	25—75	0.9—1.9	寒流
秘鲁海流（洪堡德洋流）	沿南美洲西岸流动	夏、冬季向北-西北流	25—75	≤0.9	寒流
埃尔·尼纽海流	南美洲秘鲁西北岸外	冬季（1—3月）在秘鲁沿岸向南流	—	约1	暖流
大西洋					
北赤道海流	平行于北纬15°—20°流动	夏、冬季向西南-西流	25—75以上	0.9—1.9	同温流
圭亚那海流	沿南美洲东北岸流动	夏、冬季向西北流	25—75以上	0.9—2.8	同温流
加勒比海海流	沿安的列斯群岛往南	夏、冬季向西及北流	25—75以上	0.9—2.8以上	同温流
佛罗里达海流	佛罗里达半岛的东南海域	夏、冬季向东-东北流	≥75	≥2.8	同温流
安的列斯海流	沿安的列斯岛往北	夏、冬季向西北流	25—75以上	0.9—1.9	同温流
墨西哥湾海流	沿北美洲东南岸到西经40°附近	夏、冬季向北-东北流	25—75以上	0.9—2.8以上	暖流
伊尔敏格尔海流	冰岛以南海域	夏、冬季向西-西南流	25—75	<0.9	暖流
北大西洋海流	从西经40°附近到不列颠群岛北岸	夏、冬季向东-东北海	25—75	0.9—1.9	暖流
西格陵兰海流	沿格陵兰岛西南岸流动	夏、冬季向北-西北流	25—75	0.9—1.9	同温流
拉布拉多海流	沿拉布拉多半岛东北岸流动	夏、冬季向东南-南流	25—76	0.9—1.9	寒流
加那利海流	沿非洲西北岸流	夏季向西南流 冬季向西南-东南流	25—75	0.9—1.9	寒流

续 表

海流	位置	流向	出现频率(%)	流速(km h⁻¹)	水温特性
赤道逆流	沿平行于北纬5°—10°流动	夏季向东流	25—75	0.9—2.8	暖流
几内亚海流	沿几内亚湾岸流动	夏、冬季向东-东南流	25—75以上	0.9—2.8 夏季2.8以上	同温流
南赤道海流	沿赤道流动	夏、冬季向西流	25—75以上	0.9—2.8	同温流
巴西（信风）海流	沿南美大陆东南岸流动	夏、冬季向西南流	25—75	0.9—1.9	暖流
合恩角海流	沿南美洲南端流动	夏、冬季向东-东北流	25—75	≤0.9	寒流
福克兰海流	由福克兰群岛往北	夏、冬季向北-东北流	25—75	0.9 冬季达1.9	寒流
西风漂流	平行于南纬42°—48°流动	夏、冬季向东北-东流	25—75	0.9—1.9	寒流
本格拉海流	沿南部非洲西岸流动	夏、冬季向北-西北流	25—75	0.9—1.9	寒流
厄加勒斯海流	沿非洲南端流动	夏、冬季向西南-南流	25—75	0.9—2.8	暖流
印度洋					
季风海流	印度洋北部	夏季向东-东南流 冬季向西-西南流	25—75以上	0.9—2.8	随季节变化
赤道逆流	平行于南纬5°流动	夏季无，冬季向东流	25—75	0.9—1.9	季节性同温流
南赤道海流	平行于南纬10°—15°流动	夏、冬季向西流	25—75以上	0.9—2.8	同温流
索马里海流	沿索马里半岛沿岸流动	夏季向东北 冬季向西南	50—75以上	夏季0.9—2.8 冬季0.9—1.9	同温流
莫桑比克海流	沿莫桑比克海峡的大陆沿岸流动	夏、冬季向南-西南流	25—75以上	夏季0.9—1.9 冬季0.9—2.8	暖流

续 表

海　　流	位　　置	流　　向	出现频率 (%)	流　速 (km h⁻¹)	水温特性
马达加斯加海流	沿马达加斯加岛西岸流动	夏、冬季向南-西南流	25—75以上	0.9—1.9	暖流
厄加勒斯海流	沿非洲南端东南岸流动	夏、冬季向西南流	25—75以上	0.9—2.8以上	暖流
西风漂流	南纬40°—50°间	夏、冬季向东流	25—75	0.9—1.9	寒流
西澳大利亚海流	沿澳大利亚西岸流	夏季无，冬季向北-东北流	25—75	≤0.9	季节性寒流
北冰洋					
挪威海流	沿挪威西岸流动	夏、冬季向东北流	25—75	0.9—1.9	暖流
北角海流	沿挪威北岸流动	夏、冬季向东北-东南流	≤25	0.9—1.9	暖流
斯匹次卑尔根海流	沿东经10°—15°流动	夏、冬季向北-西北流	25—75	0.9—1.9	暖流
北冰洋海流	沿北冰洋大陆架流动	夏季向西-西南流	25—75	0.9—1.9	季节性寒流
东格陵兰海流	沿格陵兰岛东岸流动	夏、冬季向南-西南流	25—75	0.9—1.9	寒流
东冰岛海流	由冰岛往东北	夏、冬季向东南-南流	25—50	0.9—1.9	寒流

1） 水温高于流经海区的海流叫“暖流”，水温低于流经海区的海流叫“寒流”，沿水温大体相同的海域流的海流称为“同温流”。

世界主要河流（按流量顺序）

河流	注入水域	流量（m^3s^{-1}）
亚马孙河	大西洋	175 000
刚果河	大西洋	39 000
长江	东海	32 000
奥里诺科河	大西洋	25 200
拉普拉塔河	大西洋	22 900
叶尼塞河	喀拉海	18 000
布拉马普特拉河	孟加拉湾	16 290
勒拿河	拉普帖夫海	16 100
赞比西河	莫桑比克海峡	16 000
湄公河	南海	14 200
圣劳伦斯河	圣劳伦斯湾	13 030
密西西比河	墨西哥湾	12 830
伊洛瓦底江	安达曼海	12 660
恒河	孟加拉湾	12 500
珠江	南海	11 590
鄂毕河-额尔齐斯河	喀拉海	10 200
萨尔温江	安达曼海	10 000
黑龙江	鞑靼海峡	9800
马更些河	波弗特海	9700
弗莱河-斯特里克兰河	珊瑚海	9000
帕腊河-托坎廷斯河	大西洋	8630
马格达雷那河	加勒比海	8000
伏尔加河	里海	7680
育空河	白令海	6800

续表

河流	注入水域	流量 (m^3s^{-1})
印度河	阿拉伯海	6640
多瑙河	黑海	6430
尼日尔河	几内亚湾	5700
哥伦比亚河	太平洋	5350
阿察法拉西河	墨西哥湾	5120
奥戈韦河	几内亚湾	4670
伯朝拉河	巴伦支海	4000
弗雷塞河	乔治海峡	3880
北德维纳河	白海	3400
哈坦加河	拉普帖夫海	3290
哥达瓦里河	孟加拉湾	3180
阿拉伯河-卡伦河	波斯湾	2860
圣弗兰西斯科河	大西洋	2690
皮亚西纳河	喀拉海	2650
纳尔逊河	哈得孙湾	2600
涅瓦河	波罗的海	2530
莱茵河	北海	2490
科累马河	东西伯利亚海	2450
科克索阿克河	哈得孙海峡	2410
萨那加河	几内亚湾	2190

世界排放沉积物较大的河流

河流	所在的洲	输入水域	流域面积 (10^3km^2)	年排放量 (10^7t)
黄河	亚洲	渤海	666	208
恒河	亚洲	孟加拉湾	945	150
布拉马普特拉河	亚洲	孟加拉湾	658	80
长江	亚洲	东海	1920	55
印度河	亚洲	阿拉伯海	957	48
亚马孙河	南美洲	大西洋	5710	40
密西西比河	北美洲	墨西哥湾	3180	34
伊洛瓦底江	亚洲	安达曼海	425	33
湄公河	亚洲	南海	786	19
科罗拉多河	北美洲	加利福尼亚湾	637	14
红河	亚洲	南海	117	13
尼罗河	非洲	地中海	2944	12

全球水量估算

项目	水量 (10^3km^3)	占总水量的百分数 (%)
陆地水	125	0.009
淡水湖	104	0.008
咸水湖	1.25	0.0001
河流	67	0.005
土壤和岩石中的水分	8350	0.61
地下水（深4000m范围内）	29 200	2.14
冰盖和冰川		

续 表

项　　　　目	水　　量 (10^3km^3)	占总水量的百分数 (%)
合　计	37 800	2.8
大气水汽	13	0.001
世界大洋	1 320 000	97.3
总　计	1 360 000	100
年蒸发量		
世界大洋洋面	350	0.025
地球陆面	70	0.005
总　计	420	0.031
年降水量		
世界大洋	320	0.024
地球陆面	100	0.007
	420	0.031
每年进入海洋的河川和冰川径流量		
每年进入海洋	38	0.003
地下水径流	1.6	0.0001
总　计	39.6	0.0031

地球上每5°纬度间隔的海陆分布

纬度（度）	北半球				南半球			
	水		陆		水		陆	
	10^3km^2	%	10^3km^2	%	10^3km^2	%	10^3km^2	%
0°—5°	17 302	78.6	4738	21.4	16 797	75.9	5334	24.1
5°—10°	16 633	75.7	5334	24.3	16 903	76.9	5064	23.1
10°—15°	16 558	76.5	5082	23.5	17 216	79.6	4423	20.4
15°—20°	14 936	70.8	6166	29.2	16 152	76.4	5000	23.6
20°—25°	13 358	65.2	7147	34.8	15 454	75.4	5051	24.6
25°—30°	11 750	59.6	7954	40.4	15 442	78.4	4262	21.6
30°—35°	10 809	57.7	7945	42.3	15 787	84.2	2968	15.8
35°—40°	10 032	56.8	7629	43.2	16 488	93.4	1173	6.6
40°—45°	8413	51.2	8018	48.8	15 837	96.4	594	3.6
45°—50°	6614	43.8	8461	56.2	14 697	97.5	377	2.5
50°—55°	5530	40.7	8063	59.3	13 392	98.5	207	1.5
55°—60°	5400	45.0	6615	55.0	12 007	99.9	9	0.1
60°—65°	3124	30.2	7212	69.8	10 304	99.7	32	0.3
65°—70°	2457	28.7	6118	71.3	6818	79.5	1756	20.5
70°—75°	4415	65.5	2327	34.5	2605	38.6	4137	61.4
75°—80°	3743	77.1	1112	22.9	522	10.7	4333	89.3
80°—85°	2546	86.9	384	13.1	—	—	2930	100.0
85°—90°	979	100.0	0	—	—	—	979	100.0
0—90	154 799	60.7	100 311	39.3	206 364	80.9	48 629	19.1

摘自：海洋学（1973），P. 16，山东海洋学院海洋系海洋学教研室编。

地球表面不同高度和深度所占的面积

陆地（高度，m）	各级高度所占的面积 10⁶km²	占地表面积%	海洋（深度，m）	各级深度所占面积 10⁶km²	占地表面积%
3000以上	8.5	1.6	0—200	27.5	5.4
3000—2000	11.2	2.2	200—1000	15.3	3.0
2000—1000	22.6	4.5	1000—2000	14.8	2.9
1000—500	28.9	5.7	2000—3000	23.7	4.7
500—200	30.9	7.8	3000—4000	72.0	14.1
200—0	37.0	7.3	4000—5000	121.8	23.9
0以下	0.8	0.1	5000—6000	81.7	16.0
			6000以上	4.3	0.8
总　计	148.9	29.2	总　计	361.1	70.8

摘自：海洋学（1973），P．17．山东海洋学院海洋系海洋学教研室编．

每隔10°纬度的表层年平均温度（°C）

纬度	北半球 大西洋	北半球 印度洋	北半球 太平洋	北半球 平均	南半球 大西洋	南半球 印度洋	南半球 太平洋	南半球 平均
0°—10°	26.6	27.9	27.2	27.3	25.2	27.4	26.0	26.4
10°—20°	25.8	27.2	26.4	26.5	23.1	25.9	25.1	25.1
20°—30°	24.1	26.1	23.4	23.7	21.1	22.5	21.5	21.7
30°—40°	20.4	—	18.6	18.4	18.8	17.0	17.0	17.0
40°—50°	13.4	—	10.0	11.0	8.6	8.7	11.2	9.8
50°—60°	8.7	—	5.7	6.1	1.8	1.6	5.0	3.0
60°—70°	5.6	—	—	3.1	(−1.3)	−1.5	−1.3	−1.4
70°—80°	—	—	—	−1.0	(−1.7)	−1.7	−1.7	−1.7
80°—90°	—	—	—	−1.7	—	—	—	—
	0°—90°				0°—80°			
	20.1	27.5	22.2	19.2	14.1	15.2	16.8	16.0

摘自：海洋学（1973），P．92．山东海洋学院海洋系海洋学教研室编．

海洋中年平均温度高于20°C和25°C所占面积（百万平方公里）

海区	太平洋	印度洋	大西洋	其他海区	占整个海面的百分比
>25℃	66	28	18	14	35
>20℃	96	38	41	16	53

摘自：海洋学（1973），P．92，山东海洋学院海洋系海洋学教研室编．

缺氧海盆

地名及位置 最大深度(m)	海槛深度 (m)	最高H_2S浓度 (μg-at l^{-1})	海底盐度 (‰)	海底温度 (℃)	参考文献
黑海					
2243	40	300	22.3	9.0	Caspers, 1957
挪威，博尔斯塔海峡					
141	1	47	21.1	4.1	Strφm, 1936
波罗的海，波恩荷尔姆海盆					
105	45	不定	>17		Fonselius, 1969
委内瑞拉，加勒比陆架，卡里亚科海沟					
1890	150	75	36.2	17	Richards and Vaccaro, 1956
加勒帕戈斯群岛，吉诺维萨，达尔文海湾					
220	20	存在	34.9	19.4	Richards and Broenkow, 1971
挪威，德拉曼斯海峡					
117	8	215	29.9	5.3	Strφm, 1936
波罗的海，法罗海渊					
205	140	不定	12.0	5.5	Fonselius, 1969
挪威，弗杰兰格瓦					
75	3	260	30.3	5.5	Strφm, 1936

续 表

地名及位置 最大深度(m)	海槛深度 (m)	最高H_2S浓度 (μg-at l^{-1})	海底盐度 (‰)	海底温度 (℃)	参考文献
挪威，弗普瓦伦 175	2	1800	24.6	8.8	Strφm, 1936
挪威，弗赖尔海峡 93	11	25	34.2	6.1	Strφm, 1936
哥斯达黎加，杜尔斯湾 200	50	9	34.8	15.6	Richards *et al*., 1971
波罗的海，哥德深渊 249	60	不定	13	5.9	Fonselius, 1969
委内瑞拉，卡里亚科湾 90	54	33	36.6	21	Richards, 1960 Kato, 1961
挪威，赫伦海峡 75	9	1800	33.3	5.9	Strφm, 1936
挪威，赫尔维格海峡 36	3	290	31.2	7.3	Strφm, 1936
挪威，安德尔林达尔斯峡湾 116	5	300	32.3	7.2	Strφm, 1936
挪威，艾斯弗杰尔海峡 27	1	350	31.1	6.0	Strφm, 1936
印度尼西亚，哈尔马赫拉岛，卡奥湾 491	50	13	34.5	28	Van Riel, 1943
波罗的海，卡尔索海渊 112	101	不定	10		Fonselius, 1969
加拿大，不列颠哥伦比亚，尼提纳特湖 205	4	350	31.2	10	Richards *et al*., 1965

续 表

地名及位置 最大深度(m)	海槛深度 (m)	最高H_2S浓度 (μg-at l^{-1})	海底盐度 (‰)	海底温度 (℃)	参考文献
日本，水月湖 34	2	3000	16	15	Shigematsu *et al*., 1961
保加利亚，瓦尔纳湖 18		存在	14	8	Caspers, 1957
波罗的海，兰德索尔特海渊 459	138	不定	11	4.9	Fonselius, 1969
挪威，莱丑扶湾 240	3	175	32.4	5.3	Strφm, 1936
挪威，利雷峡湾 181	6	3	33.8	6.7	Strφm, 1936
挪威，诺达斯瓦恩 87	3	340	31.0	6.3	Strφm, 1936
波罗的海，诺科平海渊 205	101	不定	≥10		Fonselius, 1969
波罗的海，北部中央盆地 219	115	不定	11.2	4.9	Fonselius, 1969
加拿大，不列颠哥伦比亚，萨尼奇内湾 236	65	>20	31.4	9.0	Herlinveaux, 1962 Richards, 1965
挪威，斯科达海峡 109	3	10	26.8	8.3	Strφm, 1936
挪威，桑德莱西波尔 17	2	240	33.1	6.8	Strφm, 1936
加拿大，不列颠哥伦比亚，托菲诺内湾 96	66	400	29.6	13	Coote, 1964
挪威，维塞休斯峡湾 55	2	440	32.4	5.1	Strφm, 1936

摘自：Broenkow, W. W. (1969) Unpublished Thesis, University of Washington, Seattle, 207 pp.

海水性质

纯水的物理性质

分子量	18.0153
生成热	285.83 kJ mol^{-1} (25℃和1 atm)
离解常数	$10^{-4}M^{-1}$ (25℃和1 atm)
离解热	55.71 kJ mol^{-1} (25℃和1 atm)
粘　度	8.940 mP (25℃和1 atm)
声　速	1496.3 ms^{-1} (25℃和1atm)
密　度	0.9979751 gcm^{-3} (25℃和1 atm)
冰　点	0℃ (1 atm)
沸　点	100℃ (1 atm)
等温压缩系数	45.6×10^{-6} atm^{-1} (25℃, 1—10 atm)
恒容比热	4.1786 int. J $(g℃)^{-1}$ (25℃和1 atm)
热传导系数	0.00598 Wcm^{-1} $℃^{-1}$ (25℃和1 atm)
最大密度时的温度	3.98℃ (1 atm)
介电常数	81.0 (1 atm, 17℃和60 MHz)
电导率	小于10^{-8} Ω^{-1} cm^{-1} (25℃和1 atm)

摘自：Darsey, N. E. (1940) ,*Properties of Ordinary Water-Substance* Reinhold, New York.

水蒸气的某些性质

分子量	18.0154
生成热	242.49 kJ mol^{-1} (100℃和1 atm)
粘　度	96×10^{-6}g cm^{-1} s^{-1} (即泊) (20℃和1 atm)
声　速	405 m s^{-1} (100℃和1 atm)
扩散系数	0.380 cm^2 s^{-1} (空气中, 100℃和1 atm)
比　容	1729.6 cm^3 g^{-1} (100℃和1 atm)
比　热	2.078 J g^{-1} $(℃)^{-1}$ (100℃和1 atm)
导热系数	2.44×10^{-4} W cm^{-1} $(℃)^{-1}$ (110℃和1 atm)

摘自：Dorsey, N. E. (1940). *Properties of Ordinary Water-Substance*.Reinhold , New York.

海水组分的总平均离子活度系数和离子强度的关系[1]

离子强度	NaCl	KCl	$MgCl_2$	$CaCl_2$	Na_2SO_4	K_2SO_4	$MgSO_4$	$CaSO_4$
0.4	0.691	0.678	0.478	0.487	0.427	0.416	0.193	0.198
	0.694	0.679	0.490	0.488	0.433	0.421	0.203	0.202
	—	—	—	—	—	—	—	—
0.5	0.681	0.668	0.481	0.473	0.406	0.395	0.186	0.181
	0.682	0.665	0.477	0.471	0.412	0.399	0.188	0.184
	0.684	0.661	0.483	—	0.399	0.381	0.181	—
0.6	0.663	0.652	0.470	0.460	0.379	0.367	0.173	0.164
	0.673	0.654	0.466	0.459	0.395	0.380	0.175	0.170
	0.675	0.649	0.474	—	0.381	0.361	0.168	—
0.7	0.666	0.649	0.464	0.453	0.372	0.359	0.161	0.156
	0.667	0.644	0.460	0.448	0.381	0.364	0.165	0.159
	0.669	0.639	0.467	—	0.366	0.345	0.158	—
0.8	0.661	0.643	0.458	0.448	0.359	0.345	0.152	0.147
	0.661	0.638	0.455	0.446	0.369	0.352	0.158	0.153
	0.664	0.631	0.464	—	0.354	0.331	0.151	—
0.9	0.657	0.636	0.455	0.442	0.348	0.334	0.146	0.140
	—	—	—	—	—	—	—	—
	0.660	0.624	0.463	—	0.344	0.319	0.146	—
1.0	0.655	0.633	.0452	0.384	0.342	0.327	0.142	0.136
	0.654	0.627	0.448	0.437	0.350	0.331	0.145	0.140
	0.657	0.618	0.462	—	0.334	0.308	0.141	—
2.0	0.650	0.620	0.468	0.445	0.287	0.264	0.113	0.105
	—	—	—	—	—	—	—	—
	0.662	0.593	0.488	—	0.280	0.241	0.115	—
3.0	0.697	0.637	0.524	0.486	0.261	0.231	0.104	0.093
	—	—	—	—	—	—	—	—
	0.700	0.598	0.558	—	0.258	—	0.112	—

1) 298 K, 1 atm.

摘自：Riley, J. P. and Skirrow, G. (1975). *Chemical Oceanography*. Vol. 1. P. 154. 2nd Ed.

海水和河水中常量阳离子的活度和活度比的平均值[1]

	活度×10^3	
	河水	海水
Na^+	0.26	332
K^+	0.06	6.2
Ca^{2+}	0.30	2.39
Mg^{2+}	0.14	13.5
Na^+/K^+	4.5	53.5
Mg^{2+}/Ca^{2+}	0.45	5.7
$(Na^++K^+)/(Ca^{2+}+Mg^{2+})$	0.73	21.3

1) t为25℃.

摘自：Berner, R. A. (1971). *Principles of Chemical Sedimentology*, 240. pp. McGraw-Hill, New York.

海水中各盐类组分的偏克当量电导

盐	S (‰)	t (℃)	偏微分克当量电导 ($cm^2\ \Omega^{-1}eq^{-1}$)
NaCl	34.325	24.958	80.13±0.04
	30.126	24.958	82.38±0.03
	34.325	14.986	64.96±0.04
	34.325	0.00	44.54±0.12
	30.126	0.00	45.36±0.32
	34.325	24.958	102.64±1.42
	30.126	24.958	104.74±0.02
KCl	34.325	14.986	84.36±0.10
	34.325	0.00	59.40±0.12
	30.126	0.00	59.86±0.26
Na_2SO_4	34.325	24.958	46.93±0.33

续 表

盐	S (‰)	t (℃)	偏微分克当量电导 ($cm^2\ \Omega^{-1} eq^{-1}$)
	30.126	24.958	49.33±0.08
	34.325	14.986	37.48±0.02
	34.325	0.00	25.04±0.04
	30.126	0.00	26.09±0.25
K_2SO_4	34.325	24.958	69.14±0.40
	30.126	24.958	71.62±0.02
	34.325	14.986	56.98±0.02
	34.325	0.00	39.86±0.06
	30.126	0.00	40.28
$KHCO_3$	35.567	24.920	64.25±0.33
	30.180	24.920	67.19
	33.953	14.950	53.96±0.14
	35.567	0.00	36.68
	30.180	0.00	37.92±0.14
$Ca(NO_3)_2$	35.567	24.920	61.34±0.42
	30.180	24.920	63.86±0.32
	33.953	14.950	51.42±0.09
	35.567	0.00	35.18
	30.180	0.00	36.70±0.06
$MgSO_4$	35.567	24.920	29.79±0.10
	30.180	24.920	32.82±0.18
	33.953	14.950	24.46±0.06
	35.567	0.00	15.24
	30.180	0.00	17.20±0.07
$NaNO_3$	35.567	24.920	71.64±0.38
	30.180	24.920	74.72±0.02
	33.953	14.950	59.47±0.17
	35.567	0.00	40.28
	30.180	0.00	42.02±0.15

摘自：Conners, D. N. (1967) Ph. D. Thesis, Oregon state Univ.

海水的电导率[1]

S(‰)	t (℃)					
	25	20	15	10	5	0
10	17.345	15.628	13.967	12.361	10.816	9.341
20	32.188	29.027	25.967	23.010	20.166	17.456
30	46.213	41.713	37.351	33.137	29.090	25.238
31	47.584	42.954	38.467	34.131	29.968	26.005
32	48.951	44.192	39.579	35.122	30.843	26.771
33	50.314	45.426	40.688	36.110	31.716	27.535
34	51.671	46.656	41.794	37.096	32.588	28.298
35	53.025	47.882	42.896	38.080	33.457	29.060
36	54.374	49.105	43.996	39.061	34.325	29.820
37	55.719	50.325	45.093	40.039	35.190	30.579
38	57.061	51.541	46.187	41.016	36.055	31.337
39	58.398	52.754	47.278	41.990	36.917	32.094

1) 单位：$m\Omega^{-1}cm^{-1}$。

摘自：Weyl, P. (1964). *Limnol. Oceanogr.* 9, 75.

压力对海水电导率的影响[1]

t	P (db)	S (‰) 31	S (‰) 35	S (‰) 39	t	S (‰) 31	S (‰) 35	S (‰) 39
0℃	1000	1.599	1.556	1.512	15℃	1.032	1.008	0.985
	2000	3.089	3.006	2.922		1.996	1.951	1.906
	3000	4.475	4.315	4.233		2.895	2.830	2.764
	4000	5.759	5.603	5.448		3.731	3.646	3.562
	5000	6.944	6.757	6.569		4.506	4.403	4.301
	6000	8.034	7.817	7.599		5.221	5.102	4.984
	7000	9.031	8.787	8.543		5.879	5.745	5.612
	8000	9.939	9.670	9.401		6.481	6.334	6.187
	9000	10.761	10.469	10.178		7.031	6.871	6.711
	10 000	11.499	11.188	10.877		7.529	7.358	7.187

t	p (db)	S (‰) 31	35	39	t	S (‰) 31	35	39
	1000	1.368	1.333	1.298		0.907	0.888	0.868
	2000	2.646	2.578	2.510		1.755	1.718	1.680
	3000	3.835	3.737	3.639		2.546	2.492	2.438
	4000	4.939	4.813	4.686		3.282	3.212	3.142
5℃	5000	5.960	5.807	5.655	20℃	3.964	3.879	3.795
	6000	6.901	6.724	6.547		4.594	4.496	4.399
	7000	7.764	7.565	7.366		5.174	5.064	4.954
	8000	8.552	8.333	8.114		5.706	5.585	5.464
	9000	9.269	9.031	8.794		6.192	6.060	5.929
	10000	9.915	9.661	9.408		6.633	6.492	6.351
	1000	1.183	1.154	1.125		0.799	0.783	0.767
	2000	2.287	2.232	2.177		1.547	1.516	1.485
	3000	3.317	3.237	3.157		2.245	2.200	2.156
	4000	4.273	4.170	4.067		2.895	2.837	2.780
10℃	5000	5.159	5.034	4.910	25℃	3.496	3.429	3.359
	6000	5.976	5.832	5.688		4.056	3.976	3.896
	7000	6.728	6.565	6.402		4.571	4.481	4.390
	8000	7.415	7.236	7.057		5.045	4.945	4.845
	9000	8.041	7.847	7.652		5.478	5.369	5.261
	10 000	8.608	8.400	8.192		5.872	5.756	5.640

1) 与1 atm时的电导率比较增加的百分数。

摘自：Bradshaw, A. and Schleicher, K. E. (1965). *Deep-Sea Res.* 12, 151.

海水中主要化学形式的缔合常数[1)]

离子强度	0.72	0.66	0.5	1.0	
$NaHCO_3^0$	0.280	0.26	0.39	0.21	—
$MgHCO_3^+$	1.62	5.22	—	—	1.04
$CaHCO_3^+$	1.96	5.10	—	—	1.04
$NaCO_3^-$	4.25	4.16	1.38	1.83	—
$MgCO_3^0$	112	160	—	—	32.5
$Mg_2CO_3^{2+}$	387	—	—	—	—
$CaCO_3^0$	162	78	—	—	32.5
$MgCaCO_3^{2+}$	1040	—	—	—	—

1) 海水的S为34‰，t为25℃。

摘自：Pytkowicz, R. M. and Hawley, J. E. (1974). *Limnol. Oceanogr.* 19. 223.

海水中主要无机离子间离子缔合的稳定常数

	HCO_3^-			CO_3^{2-}			SO_4^{2-}			F^-		
	I	(t℃)	$\log K_1$	I	(t℃)	$\log K_1$	I	(t℃)	$\log K_1$	I	(t℃)	$\log K_1$
Na^+	→0	25	−0.25	→0	25	1.27	→0	25	0.72			
	→*SW*	25	−0.585	→*SW*	25	0.62	*SW*	25	0.34			
	0.5(NaCl)	25	−0.41	0.5(NaCl)	25	0.14	*SW*	24	0.53			
	1(NaCl)	25	−0.67	1(NaCl)	25	0.27	*SW*	15	0.55			
	→0	25	−0.08	3(NaCl)	25	0.37						
			0.30	→0	25	0.77						
						0.97						
	0.72—*SW*	25	−0.55	0.72	25							
K^+							→0	25	0.96			
							SW	25	0.13			

续表

	HCO$_3^-$			CO$_3^{2-}$			SO$_4^{2-}$			F$^-$		
	I	(t℃)	$\log K_1$	I	(t℃)	$\log K_1$	I	(t℃)	$\log K_1$	I	(t℃)	$\log K_1$
Mg^{2+}	→0	25	1.16	→0	25	3.40	→0	25	2.36	0.7NaCl—SW	25	1.27
							SW	25	1.01			1.27
	→0	25	0.95	→SW	25	2.20	SW	1.7	1.18			
	→SW	25	0.72									
	0.72—SW	25	0.21									
Ca^{2+}	→0	25	1.26	→0	25	3.2	0.2	25	1.53	0.7NaCl	25	0.62
	→SW	25	0.71	→SW	25	1.89	SW	25	1.02			
	0.72—SW	25	0.29									
H^+	→0	25	6.35	→0	25	10.32	→SW	25	1.38	1($NaNO_3$)	25	2.9
	SW	5	5.89*	SW	5	9.33*						
			5.88*			9.35*						
		25	6.00*		25	9.09*						
			6.035*			9.09*						

I→0，表明常数是外推得到的，或相对零离子强度作过校正。1 (NaCl) 表明加入括号中所指示的盐类，使离子强度固定在所标明的数值 (M)，→SW表明常数外推到适用于海水 (S=35‰)，0.72—SW 表明常数是在盐混合物或人工海水中给出的离子强度下所估算的。

* 常数由下式定义：$K_1' = [CO_{2T}]/a_{H^+}[HCO_{3T}^-]$，　$K_2' [HCO_{3T}^-]/a_{H^+}[CO_{3T}^{2-}]$

摘自：Riley, J. P. and Skirrow, G., (1976)，*Chemical Oceanography*, Vol. 1, p. 208, 2nd Ed.

海水中阳离子同一些无机阴离子配位体络合的稳定常数

金属	t(℃)	介质	平衡常数的对数值
		氯化物 (Cl^-)	
H^+	0→25	0（推算）→浓溶液	K_1, −7
Li^+	25	各种水溶液	未发现络合物
Na^+	25	各种水溶液	未发现络合物
K^+	0→25	各种水溶液	未发现络合物
Rb^+	18	0（推算）	K_1, −0.77(?)
Cs^+	25	各种水溶液	K_1, −0.45(?)
Be^{2+}	20	各种浓度，HCl	K_1, −0.66(?)
Mg^{2+}	25	各种水溶液	弱络合物（?）
Ca^{2+}	25	各种水溶液	弱络合物（?）
Sr^{2+}	25	各种水溶液	弱络合物（?）
Ba^{2+}	18	0（推算）	K_1, −0.13
Sc^{3+}	15	0.5 ($NaClO_4$)	K_1, 1.14; K_2, 1.11
	25	0.5 ($NaClO_4$)	K_1, 1.07; K_2, 1.04

续 表

金属	t (℃)	介质	平衡常数的对数值
		氯化物 (Cl^-)	
	35	0.5($NaClO_4$)	K_1, 1.00; K_2, 0.91
Y^{3+}	15	0.5($NaClO_4$)	K_1, 0.38
HCl^-	25	0.5($NaClO_4$)	K_1, 0.36
	35	0.5($NaClO_4$)	K_1, 0.32
	25	0（推算）	K_1, 1.26
La^{3+}	19	1($NaClO_4$)	K_1, −0.11
	25	1($NaClO_4$)	K_1, −0.12
	40	1($NaClO_4$)	K_1, −0.05
Ce^{3+}	25	1($NaClO_4$)	K_1, −0.1; K_2, −0.6
Eu^{3+}	25	1($NaClO_4$)	K_1, −0.1; K_2, −0.6
			$Eu(OH)_2Cl$; $Eu(OH)_{2.5}Cl_{0.5}$
Dy^{3+}	25		$Dy(OH)_2Cl$; $Dy(OH)_{2.5}Cl_{0.5}$
Gd^{3+}	25		$Gd(OH)_{2.5}Cl_{0.5}$

续 表

金 属	t(℃)	介 质	平衡常数的对数值
氯 化 物 (Cl^-)			
Tb^{3+}	25		$Tb(OH)_{2.5}Cl_{0.5}$
Ho^{3+}	25		$Ho(OH)_{2.5}Cl_{0.5}$
Er^{3+}	25		$Er(OH)_{2.5}Cl_{0.5}$
Yb^{3+}	25		$Yb(OH)_{2.5}Cl_{0.5}$
Lu^{3+}	20	1,0(KNO_3)	K_1, 1.45
Ti^{3+}	40	0.5($HClO_4$)	K_1, 0.34
Ti^{4+}		各种浓度，HCl	$Ti(OH)_2Cl_2$; $TiOCl_2$; $TiCl_6^{2-}$
Zr^{4+}	20	6.54($HClO_4$?)	K_1, 0.02; K_2, 0.40; K_3, 0.19; K_4, −0.33
Hf^{4+}	25	2($HClO_4$)	K_1, 0.38; K_2, −0.31; K_3, −0.68; K_4, −0.7
Th^{4+}	25	4($NaClO_4$)	K_1, 0.11; K_2, −1.03; K_3, −0.51; K_4, −0.42
V^{3+}	25	各种浓度，HCl	弱络合物
VO^{2+}	20	1($NaClO_4$)	K_1, 0.04
VO_2^+	25	浓HCl	存在络合阴离子

续表

金属	t(℃)	介质	平衡常数的对数值
		氯化物 (Cl⁻)	
Nb(Ⅴ)	25	浓HCl	存在络合阴离子
Ta(Ⅴ)	25	各种浓度，HCl	存在络合阴离子
Pa(Ⅴ)	25	各种浓度，HCl	存在络合阴离子
Cr^{3+}	25	5($HClO_4$)	K_1, −0.65; K_2, −1.54
Cr(Ⅴ)			$CrOCl_4^-$
Cr(Ⅵ)			CrO_3Cl^-
Mo(Ⅱ)			$Mo_6Cl_8(OH)_6^{2-}$
Mo(Ⅳ)			$MoCl_6^{2-}$
Mo(Ⅴ)	25	0（推算）	K_1, 6.4(?)
Mo(Ⅵ)	25	0（推算）	K_1, −0.3; K_2, −0.5; K_3, −1.89
W^{3+}	0	稀溶液	$W_2Cl_9^{3-}$
U^{3+}	25	浓HCl	存在络合物
U^{4+}	25	2($NaClO_4$)	K_1, 0.26; K_2, −0.02

续 表

金 属	t (℃)	介 质	平衡常数的对数值
		氯化物 (Cl^-)	
UO_2^{2+}	10	2($NaClO_4$)	K_1, −0.21
	25	2($NaClO_4$)	K_1, −0.06
	40	2($NaClO_4$)	K_1, 0.08
Np^{4+}	25	1($HClO_4$)	K_1, −0.3
NpO_2^{2+}	5	3($HClO_4$)	K_1, 0.06; K_2, −0.74
Pu^{3+}	25	0.1($HClO_4$)	K_1, 0.57
Pu^{4+}	25	1($HClO_4$)	K_1, −0.24
PuO_2^+			K_1, −0.17
PuO_2^{2+}	2	2($HClO_4$)	K_1, −0.41
	10	2($HClO_4$)	K_1, −0.34
	20	2($HClO_4$)	K_1, −0.25
Am^{3+}	22	2($HClO_4$)	K_1, −0.05
AmO_2^+			存在络合物

续 表

金 属	t (℃)	介 质	平衡常数的对数值
氯 化 物 (Cl⁻)			
Cm^{3+}		0 (推算)	K_1, 1.17
Mn^{2+}	20	0.7($HClO_4$)	K_1, 0.59
Mn^{3+}	25	2($HClO_4$)	K_1, 0.95
Tc(Ⅶ)		各种浓度，HCl	存在络合物
Re^{2+}			$ReCl_4^{2-}$
Re^{3+}		各种浓度，HCl	$ReCl_4^-$；$ReCl_6^{3-}$
Re(Ⅳ)			$ReCl_6^{2-}$，$Re_2OCl_{10}^{4-}$
Re(Ⅴ)			$ReCl_5(OH)_6^{2-}$；$ReCl_5O^{2-}$
Fe^{2+}	20	2($HClO_4$)	K_1, 0.36；K_2, 0.04
Fe^{3+}	27	1($NaClO_4$)	K_1, 0.62；K_2, 0.11；K_3, −1.40
	25	1($HClO_4$)	K_1, 0.47
	35	1($HClO_4$)	K_1, 0.56
	45	1($HClO_4$)	K_1, 0.66

续表

金属	t (℃)	介质	平衡常数的对数值
		氯化物 (Cl^-)	
Co^{2+}	20	0.7($HClO_4$)	K_1, 0.69
Ni^{2+}	12		K_1, −0.29(?)
	25		K_1, −0.24(?)
	40		K_1, −0.21(?)
Ru^{3+}	25	0.1(HCl)	K_2, 1.4; K_3, 0.4
Ru^{4+}			$RuCl_6^{2-}$; $Ru(OH)_2Cl_6^{4-}$(?)
Rh^{3+}	25	1($HClO_4$)	K_1, 2.45; K_2, 2.09; K_3, 1.38; K_4, 1.16
Rh^{4+}		各种浓度，HCl	存在络合阴离子
Pd^{2+}	30	0（推算）	K_1, 6.0; K, 4.9; K_3, 2.4; K_4, 2.6
Os^{3+}		各种浓度，HCl	存在络合阴离子
Ir^{3+}	25	各种浓度，HCl	存在络合阴离子
Ir^{4+}	25	各种浓度，HCl	存在络合阴离子
Pt^{2+}	25	0.3(Na_2SO_4)	K_3, 3.3; K_4, 1.82

续 表

金 属	t (℃)	介 质	平衡常数的对数值
		氯化物 (Cl^-)	
	25	1(NaCl)	K_1, 10.5; K_2, 10.0; K_3, 9.5; K_4; 8.7
Pt(Ⅳ)	20	稀溶液	$PtCl_6^{2-}$
Cu^+	20	0 (推算)	K_1, 0.2
Cu^{2+}	12		K_1, 0.59
	25		K_1, 0.74
	40		K_1, 0.84
	20	0.7($HClO_4$)	K_1,0.98; K_2,−0.29; K_3,0.14; K_4,−0.55
Ag^+	25	5($NaClO_4$)	K_1,3.08; K_2,2.32; K_3,0.75; K_4,−0.85
	25	0 (推算)	K_1, 3.08; K_2, 2.00; K_3, 0.00; K_4, 0.26
Au_2			$AuCl_2^-$
Au^{3+}	0→25	各种浓度，HCl	$AuCl_4^-$
Zn^{2+}	20	0.7($HClO_4$)	K_1,0.72; K_2,−0.23; K_3,−0.68; K_4,0.37
Cd^{2+}	25	各种浓度，NaCl	K_1,1.76; K_2,1.06; K_3,−0.33; K_4,−0.66
Hg_2^{2+}	25		弱络合物(?)

续表

金属	t(℃)	介质	平衡常数的对数值
氯化物 (Cl^-)			
Hg^{2+}	25	0.6($NaClO_4$)	K_1, 6.74; K_2, 6.48; K_3, 0.85; K_4, 1.00
Al^{3+}	25	浓HCl	未发现结合阴离子
Ga^{3+}	25	0 (推算)	K_1, −0.6; K_2, −1.7; K_3, −2.2
In^{3+}	20	0.7($HClO_4$)	K_1, 2.36; K_2, 1.27; K_3, 0.32
Tl^+	0	0 (推算)	K_1, 0.78
	25	0 (推算)	K_1, 0.68
	40	0 (推算)	K_1, 0.64
	25	0 (推算)	K_1, 0.60; K_2, −0.43
Tl^{2+}	25		$TlCl^+$
Tl^{3+}	20	0.4($NaClO_4$)	K_1, 7.50; K_2, 4.60; K_3, 2.75; K_4, 2.25
Ge(Ⅳ)			$GeCl_6^{2-}$(?)
Sn^{2+}	25	0 (推算)	K_1,1.51; K_2,0.73; K_3,−0.21; K_4,−0.55
$SnOH^+$	0	3($NaClO_4$)	K_1, 0.90

续表

金属	t(℃)	介质	平衡常数的对数值
氯化物(Cl^-)			
	25	$3(NaClO_4)$	K_1, 1.04
	35	$3(NaClO_4)$	K_1, 0.85
Sn(Ⅳ)			$SnCl_5^-$; $SnCl_6^{2-}$
Pb^{2+}	25	$2(LiNO_3)$	K_1, 1.46; K_2, −0.26; K_3, −0.31
Pb^{4+}		各种浓度，HCl	$PbCl_5^-$, $PbCl_6^{2-}$
As(Ⅲ)			$As(OH)_2Cl$
Sb(Ⅲ)		各种浓度，HCl	$SbCl_4^-$
Sb(Ⅴ)			$SbCl_6^-$; $SbOHCl_5^-$; $SbCl_4^+$
Bi^{3+}	25	$1H^+$; $2(NaClO_4)$	K_1, 2.08; K_2, 2.14; K_3, 1.49; K_4, 1.47
Se(Ⅳ)			$Se(OH)_2Cl_2$
Te(Ⅳ)		浓HCl	存在络合阴离子
Po^{2+}	22		$PoCl_3^-$; $PoCl_4^{2-}$
Po^{4+}			$PoCl_6^{2-}$; $Po(OH)_2Cl_2^{2-}$

续表

金属	t(℃)	介质	平衡常数的对数值
		硫酸盐 (SO_4^{2-})	
H^+	0	→0	K_1, 1.83
	10	→0	K_1, 1.86
	20	→0	K_1, 1.90
D^+	18	D_2O	K_1, 2.00
Li^+	18	0 (推算)	K_1, 0.64(?)
Na^+	18	0 (推算)	K_1, 0.70(?)
K^+	18	0 (推算)	K_1, 0.82(?)
NH_4^+	18	0 (推算)	K_1, 1.11
Be^{2+}	18	0.5($NaClO_4$)	K_1, 0.72
Mg^{2+}	0	0 (推算)	K_1, 1.96
	20	0 (推算)	K_1, 2.20
	30	0 (推算)	K_1, 2.55
Ca^{2+}	18	→0	K_1, 2.28

续 表

金属	t (℃)	介质	平衡常数的对数值
硫酸盐 (SO_4^{2-})			
Sr^{2+}	25	0 (推算)	K_{SP}, −6.6
Ba^{2+}	25	0 (推算)	K_{SP}, −10
Ra^{2+}	25	稀溶液	K_{SP}, −14
Y^{3+}	25	→0	K_1, 3.47
La^{3+}	25	0 (推算)	K_1, 3.66
Ce^{3+}	25	0 (推算)	K_1, 3.37(?)
Ce^{4+}	25	2($HClO_4$)	K_1, 3.3(?)
(Pr^{3+}, Nd^{3+}, Sm^{3+}, Eu^{3+}, Gd^{3+}, Ho^{3+}, Er^{3+}, Yb^{3+})	25	→0	K_1, 3.5
TiO^{2+}	18		K_1, 2.40
Zr^{4+}	25	2($HClO_4$)	K_1, 3.79; K_2, 2.85
Hf^{4+}	25	2($HClO_4$)	K_1, 3.11; K_2, 2.47

续 表

金 属	t (℃)	介 质	平衡常数的对数值
硫酸盐 (SO_4^{2-})			
Th^{4+}	25	2($HClO_4$)	K_1, 3.32; K_2, 2.38
VO^{2+}	25	0 (推算)	K_1, 2.48
Nb(Ⅴ), Pd(Ⅴ)			存在络合物
Cr^{3+}	25	1($NaClO_4$)	K_1, 1.34
Cr(Ⅵ)		H_2SO_4	存在络合物
Mo(Ⅵ)		H_2SO_4	存在络合阴离子
U^{4+}		2($HClO_4$)	K_1, 1.70(?)
UO^{2+}	25		K_1, −0.9(?)
UO_2^{2+}	20	1($NaClO_4$)	K_1, 1.70; K_2, 0.84; K_3, 0.86
Np^{4+}	26	2($NaClO_4$)	K_1, 2.4
NpO_2^+			未发现络合物生成
NpO_2^{2+}	25	1($HClO_4$)	K_1, 1.11
Pu^{3+}	25	2($NaClO_4$)	K_1, 1.0(?); K_2, 0.62(?)

续 表

金属	t (℃)	介质	平衡常数的对数值
		硫酸盐 (SO_4^{2-})	
Pu^{4+}	25	1($HClO_4$)	K_1, 1.11
Am^{3+}			存在络合阴离子
AmO_2^{2+}			存在络合物
Cm^{3+}	20→25	0（推算）	K_1, 3.66; K_2, 0.81
Mn^{2+}	0	0（推算）	K_1, 2.01
	10	0（推算）	K_1, 2.11
	20	0（推算）	K_1, 2.20
Fe^{2+}	25	0	K_1, 2.3(?)
Fe^{3+}	1	0.5($NaClO_4$)	K_1, 1.98
	15	0.5($NaClO_4$)	K_1, 2.17
	25	0.5($NaClO_4$)	K_1, 2.31
Co^{2+}	0	0（推算）	K_1, 2.24
	15	0（推算）	K_1, 2.30

续 表

金 属	t (℃)	介 质	平衡常数的对数值
硫酸盐 (SO_4^{2-})			
	25	0 (推算)	K_1, 2.36
Co^{3+}	15	2.7($NaClO_4$)	K_1, 1.34
Ni^{2+}	0	0 (推算)	K_1, 2.08
	10	0 (推算)	K_1, 2.18
	25	0 (推算)	K_1, 2.32
Rh^{3+}			存在络合物
Ir^{4+}			存在络合阴离子
Cu^{2+}	25	0 (推算)	K_1, 2.33
Ag^{+}	25	3($NaClO_4$)	K_1, 0.23; K_2, 0.06(?)
Au^{3+}	22	H_2SO_4	存在络合物
Zn^{2+}	0	0 (推算)	K_1, 2.08
	15	0 (推算)	K_1, 2.27
	25	0 (推算)	K_1, 2.38

续 表

金属	t(℃)	介质	平衡常数的对数值
		硫酸盐 (SO_4^{2-})	
Cd^{2+}	35	0 (推算)	K_1, 2.17; K_2, 1.37
Hg_2^{2+}	25	0.5($NaClO_4$)	K_1, 1.30; K_2, 1.10
Hg^{2+}	25	0.5($NaClO_4$)	K_1, 1.34; K_2, 1.1
Al^{3+}	25	0.6($NaClO_4$)	K_1, 1.30; K_2, 1.0
Ga^{3+}	30	0 (推算)	K_1, 2.99
In^{3+}	20	1($NaClO_4$)	K_1, 1.85; K_2, 0.75; K_3, 0.40
Tl^{+}	0	0 (推算)	K_1, 1.38
	25	0 (推算)	K_1, 1.37
	40	0 (推算)	K_1, 1.36
Tl^{3+}	25	4($LiClO_4$)	K_1, 0.3
Sn^{2+}			存在络合物
Sn^{4+}	25	0 (推算)	K_2, 2.3
Pb^{2+}	25	0 (推算)	K_{SP}, −7.8

续 表

金 属	t (℃)	介 质	平衡常数的对数值
		碳 酸 盐 (CO_3^{2-})	
H^+	25	0 (推算)	K_1, 10.4; K_2, 6.5
D^+	25	0 (推算)	K_1, 10.7
Li^+	20	各种浓度, LiCl	K_{SP}, −1.7
Na^+	25	0 (推算)	K_1, 1.27
Mg^{2+}	4	0 (推算)	K_{SP}, −3.57
	12	0 (推算)	K_{SP}, −3.73
	22	0 (推算)	K_{SP}, −4.01
Ca^{2+}	25	0 (推算)	K_{SP}, −8.0
	25	海 水	K_{SP}, −6.2
Sr^{2+}	25	0 (推算)	K_{SP}, −9.0
Ba^{2+}	25	0 (推算)	K_{SP}, −8.8
Sc^{3+}	0→50		存在络合物
Y^{3+}	25		存在络合阴离子

续 表

金属	t(℃)	介质	平衡常数的对数值
碳酸盐 (CO_3^{2-})			
Ce^{3+}			存在络合物
Ce^{4+}			存在络合物
Nd^{3+}, Eu^{3+}			存在络合物
Zr^{4+}			存在络合阴离子
Th^{4+}			存在络合物
VO^{2+}			存在络合阴离子
Mo^{4+}			存在络合物
U^{4+}			$U(CO_3)_4^{4-}$; $U(CO_3)_5^{6-}$
UO_2^{2+}		0.5($NaCO_3$)	K_3, 7.0
Pu^{3+}			存在络合物
Pu^{4+}	20	10(KCl)	K_1, 46.96
PuO_2^{2+}	20	0 (推算)	K_1, 12(?)
Am^{3+}			存在络合阴离子

续 表

金 属	t (℃)	介 质	平衡常数的对数值
碳 酸 盐 (CO_3^{2-})			
AmO_2^{2+}	0		存在络合物
Cm^{3+}			存在络合物
Mn^{2+}	25	稀溶液	K_{SP}, −9.4
Fe^{2+}	25	0	K_{SP}, −10.68
Fe^{3+}			$Fe_4O_3(CO_3)_6^{6-}$
Co^{2+}	25	0	K_{SP}, −12.84
Co^{3+}			$Co(CO_3)_3^{3-}$
Ni^{2+}	25	0 (推算)	K_{SP}, −6.87
Cu^{2+}	25	0 (推算)	K_1, 6.77
Ag^{+}	25	0 (推算)	K_{SP}, −11.09
Zn^{2+}	25	0 (推算)	K_{SP}, −10.78
Cd^{2+}	25	0	K_{SP}, −13.7
Hg_2^{2+}	25	0	K_{SP}, −16.05

续表

金属	t (℃)	介质	平衡常数的对数值
碳酸盐 (CO_3^{2-})			
Ga^{3+}			存在络合阴离子
In^{3+}			存在络合阴离子
Pb^{2+}	25	0（推算）	K_{SP}, −13.24
	30	0（推算）	K_{SP}, −23.10
硅酸盐 ($SiO_2(OH)_2^{2-}$ 或 SiO_3^{2-})			
H^+	25	0.5(NaCl)	K_1, 12.71
Ca^{2+}	30	0（推算）	K_{SP}, −7.60
Cr^{3+}			存在络合阴离子
磷酸盐 (PO_4^{3-})			
H^+	25	→0	K_1, 12.33; K_2, 7.21; K_3, 2.16
D^+	20	0（推算）（在D_2O中）	K_1, 7.67; K_2, 2.19

续 表

金 属	t(℃)	介 质	平衡常数的对数值
磷酸盐 (PO_4^{3-})			
Li^+	0	0.2(Pr_4NCl) (Pr=丙基)	K_1, 0.32
	25	0.2(Pr_4NCl)	K_1, 0.72
Na^+	0	0.2(Pr_4NCl)	K_1, 0.08
	25	0.2(Pr_4NCl)	K_1, 0.60
K^+	0	0.2(Pr_4NCl)	K_1, 0.08
	25	0.2(Pr_4NCl)	K_1, 0.49
Be^{2+}	20	稀溶液	存在络合物
Mg^{2+}	25	0 (推算)	K_1, 2.5(?)
Ca^{2+}	37	0.15(NaCl)	K_1, 1.86
Sr^{2+}	20	0.15(NaCl)	K_1, 4.18
Ba^{2+}	20		K_{SP}, −22.47
Sc^{3+}	25		存在络合阴离子
La^{3+}	25	0.5($NaClO_4$)	K_{SP}, −22.43

续表

金属	t(℃)	介质	平衡常数的对数值
		磷酸盐 (PO_4^{3-})	
Ce^{3+}	25	0(推算)	K_1, 0.1853
Ce^{4+}	20	稀溶液	存在络合物
Ti^{3+}	20		存在络合物
Zr^{4+}	25		存在络合阴离子
Th^{4+}	25		存在络合阴离子
VO^{2+}	25	→0	K_{SP}, −24.1
Nb(Ⅴ)	25		存在络合阴离子
Cr^{3+}	20		K_{SP}, −22.62
Cr(Ⅵ)	25	0.25($NaClO_4$)	存在络合物
Mo(Ⅳ)	25	1($HClO_4$)	存在络合物
Mo(Ⅵ)	25		存在络合阴离子
U^{4+}	25		存在络合物
UO_2^{2+}	25		存在络合阴离子

续 表

金 属	t (℃)	介 质	平衡常数的对数值
磷酸盐 (PO_4^{3-})			
Np^{4+}	25		存在络合阴离子
NpO_2^+			存在络合物
Pu^{4+}			存在络合物
Mn^{2+}	25	0.2(Pr_4NCl)	K_1, 2.58(?)
Fe^{3+}			存在络合物
Co^{2+}			未发现络合物(?)
Ni^{2+}	20	稀溶液	K_{SP}, −30.3(?)
Ir^{4+}			存在络合阴离子
Cu^{2+}	20	稀溶液	K_{SP}, −36.9(?)
Ag^+	20		K_{SP}, −19.89
Zn^{2+}	20		K_{SP}, −32.04(?)
Cd^{2+}	20		K_{SP}, −32.6(?)
Hg_2^{2+}	25	0（推算）	存在络合物

续 表

金 属	t (℃)	介 质	平衡常数的对数值
磷酸盐 (PO_4^{3-})			
Al^{3+}	25		K_{SP}，−10.41
In^{3+}			存在络合阴离子
Pb^{2+}	25	0 (推算)	K_{SP}，−42.10
Bi^{3+}	20		K_{SP}，−22.89
亚硝酸盐 (NO_2^-)			
H^+	25		K_1，3.35
Co^{3+}			存在络合物
Ni^{2+}			未发现络合物
Rh^{3+}			存在络合物
Pd^{2+}			存在络合物
Ir^{3+}			存在络合物
Pt(Ⅳ)			存在络合物

续 表

金 属	t (℃)	介 质	平衡常数的对数值
亚硝酸盐 (NO_2^-)			
Cu^{2+}	20	1($NaClO_4$)	K_1, 1.23; K_2, 0.25
Ag^+	25		K_{SP}, −3.8
Zn^{2+}	25	2.5($NaClO_4$)	未发现络合物
Cd^{2+}	25	3($NaClO_4$)	K_1, 1.80; K_2, 1.21; K_3, 0.80
Hg^{2+}	25		存在络合物
Tl^+	25	0（推算）	K_1, 0.85
Pb^{2+}	30	2($NaClO_4$)	K_1, 2.85
硝酸盐 (NO_3^-)			
H^+	0	0（推算）	K_1, −1.65
	25	0（推算）	K_1, −1.37
	50	0（推算）	K_1, −1.24
Li^+	30	0（推算）	K_1, −1.45

续表

金属	t(℃)	介质	平衡常数的对数值
硝酸盐 (NO_3^-)			
Na^+	18	0（推算）	K_1，−0.50
K^+	25	→0	K_1，−0.24
Cs^+	25	0（推算）	K_1，0.04
Be^{2+}	18	0.5($NaClO_4$)	K_1，−0.60
Mg^{2+}	18	0（推算）	未发现络合物
Ca^{2+}	18	0（推算）	K_1，0.28(?)
Sr^{2+}	18	0（推算）	K_1，0.28
Ba^{2+}	18	0（推算）	K_1，0.02
Sc^{3+}，Dy^{3+}			存在络合阴离子
La^{3+}	20	1($NaClO_4$)	K_1，−0.32
	25	1($NaClO_4$)	K_1，−0.26
	40	1($NaClO_4$)	K_1，−0.23
Ce^{3+}	25	2($HClO_4$)	K_1，1.04；K_2，0.47

续表

金属	t(℃)	介质	平衡常数的对数值
硝酸盐 (NO_3^-)			
Ce^{4+}			存在络合物
Pr^{3+}		浓HNO_3	存在络合阴离子
Nd^{3+}	25	0.35($NaClO_4$)	K_1, 0.18
Yb^{3+}			K_1, 0.45; K_2, 0.40
Zr^{4+}	20	4($HClO_4$)	K_1,0.34; K_2,−0.23; K_3,−0.37; K_4,−0.56
ZrO^{2+}	25		存在络合物
Hf^{4+}	25	2($HClO_4$)	K_1,0.34;K_2,−0.34;K_3,−0.72;K_4,−0.80(?)
Th^{4+}	25	6($NaClO_4$)	K_1, 0.45; K_2, −0.30
Nb(Ⅴ)			存在络合物
Pa(Ⅴ)	20		存在络合物
U^{4+}		2($HClO_4$)	K_1, 0.20
UO_2^{2+}	10	2($NaClO_4$)	K_1, −0.52
	25	2($NaClO_4$)	K_1, −0.62

续表

金属	t(℃)	介质	平衡常数的对数值
		硝酸盐 (NO_3^-)	
	40	2($NaClO_4$)	K_1, −0.77
Np^{4+}	25	1($HClO_4$)	K_1, 0.38
Pu^{3+}	25		K_1, 0.67; K_2, −0.02; K_3, −0.48
PuO_2^{2+}			存在络合物
Am^{3+}	22	1($HClO_4$)	K_1, 0.26(?)
Cm^{3+}	20		K_1, 0.57
Fe^{3+}	20	0.6($NaClO_4$)	K_1, −0.22(?)
Co^{2+}	20		存在离子对
Ru(Ⅳ)		浓HNO_3	存在络合物
Pd^{2+}			$Pd(NO_3)_4^{2-}$
Pt(Ⅳ)			$Pt(NO_3)_4(OH)_2^{2-}$
Cu^{2+}			未发现络合物(?)
Ag^+	18	0 (推算)	K_1, −0.27

续表

金属	t (℃)	介质	平衡常数的对数值
硝酸盐 (NO_3^-)			
Ag^{2+}	25		存在络合物
Zn^{2+}			未发现络合物（?）
Cd	25	3($NaClO_4$)	K_1, −0.13(?)
	35	3($NaClO_4$)	K_1, −0.21(?)
	45	3($NaClO_4$)	K_1 −0.21(?)
Hg_2^{2+}	25	3($NaClO_4$)	K_1, 0.02; K_2, −0.32
Hg^{2+}	25	3($NaClO_4$)	K_1, 0.11; K_2, −0.01
Tl^+	0	0（推算）	K_1, 0.38
	25	0（推算）	K_1, 0.33
	40	0（推算）	K_1, 0.31
Tl^{3+}	10		K_1, 0.41
	18		K_1, 0.18
Pb^{2+}	25	0（推算）	K_1, 1.08(?)

续 表

金 属	t (℃)	介 质	平衡常数的对数值
硼酸盐 ($B(OH)_4^-$)			
H^+	5	3(NaCl)	K_1, 9.075
	15	3(NaCl)	K_1, 8.908
	25	3(NaCl)	K_1, 8.820
Na^+	20		存在络合物
Fe^{3+}			K_1, 8.58
Cd^{2+}	22	0 (推算)	K_1, −8.64
Al^{3+}			K_1, 7.62(?)
Pb^{2+}	22	0 (推算)	K_{SP}, −10.78
硫化物 (S^{2-})			
H^+	20	0 (推算)	K_1, 12.94
	30	0 (推算)	K_1, 12.76
	40	0 (推算)	K_1, 12.61

续表

金属	t(℃)	介质	平衡常数的对数值
硫化物 (S^{2-})			
La^{3+}	25	0 (推算)	K_{SP}, −12.70
Ce^{3+}	25	0 (推算)	K_{SP}, −10.22
V(V)			存在络合物
Mo(Ⅵ)			存在络合物
W(Ⅵ)			存在络合物
Mn^{2+}	25	0 (推算)	K_{SP}, −14.96
Re(Ⅶ)			存在络合物
Fe^{2+}	25	0 (推算)	K_{SP}, −17.3
Co^{2+}	25	0 (推算)	K_{SP}, −22.51
Ni^{2+}	25	0 (推算)	K_{SP}, −20.7
Cu^{+}	25	0 (推算)	K_{SP}, −49.44
Cu^{2+}	25	0 (推算)	K_{SP}, −35.10
Ag^{+}	25	0 (推算)	K_{SP}, −51.20
Au(Ⅰ)			存在络合物

续表

金属	t(℃)	介质	平衡常数的对数值
		硫化物 (S^{2-})	
Zn^{2+}	25	0（推算）	K_{SP}，−24.10
Cd^{2+}	25	0（推算）	K_{SP}，−28
Hg_2^{2+}	18		K_{SP}，−47
Hg^{2+}	25	0（推算）	K_{SP}，−51.05
In^{3+}	25	0	K_{SP}，−73.24
Tl^{+}	18		K_{SP}，−22.16
Sn^{2+}	25	0（推算）	K_{SP}，−26
Sn^{4+}			存在络合物
Pb^{2+}	25	0（推算）	K_{SP}，−29
As(Ⅲ)			存在络合物
Sb(Ⅲ)	25	0（推算）	K_{SP}，−92.77
Sb(Ⅴ)			SbS_4^{3-}
Bi^{3+}	25	0（推算）	K_{SP}，−96
Po^{2+}	25	各种浓度，HCl	K_{SP}，−2

续表

金属	t (℃)	介质	平衡常数的对数值
氢氧化物 (OH^-)			
H^+	0	→0	K_1, 14.930
	10	→0	K_1, 14.633
	20	→0	K_1, 14.167
D^+	15	→0	K_1, 15.08
	25	→0	K_1, 14.71
	35	→0	K_1, 14.37
Li^+	5	→0	K_1, 0.28(?)
	15	→0	K_1, 0.20(?)
	25	→0	K_1, 0.17(?)
Na^+	5	→0	K_1, −0.81
	15	→0	K_1, −0.81
	25	→0	K_1, −0.77
K^+	0→60	→0	未发现络合物

续 表

金属	t(℃)	介质	平衡常数的对数值
氢氧化物 (OH^-)			
Rb^+	25		未发现络合物
Cs^+	0→60		未发现络合物
Be^{2+}		0 (推算)	K_{SP}, −17.7
Mg^{2+}	25	0 (推算)	K_1, 2.58; K_{SP}, −10.6
Ca^{2+}	0	0 (推算)	K_1, 1.37
	25	0 (推算)	K_1, 1.40
	40	0 (推算)	K_1, 1.48
Sr^{2+}	5	0 (推算)	K_1, 0.78
	15	0 (推算)	K_1, 0.80
	25	0 (推算)	K_1, 0.82
Ba^{2+}	5	→0	K_1, 0.62
	15	→0	K_1, 0.60
	25	→0	K_1, 0.64

续 表

金 属	t(℃)	介 质	平衡常数的对数值
氢 氧 化 物 (OH^-)			
Sc^{2+}	25	0 (推算)	K_{SP}, −27
Y^{3+}	25	各种浓度, ClO_4^-	K_{SP}, −22.8
La^{3+}	25		K_{SP}, −19.0
Ce^{3+}	25		K_{SP}, −23
Pr^{3+}	18		K_1, −23.2
Nd^{3+}	25		K_1, −21.5
Pm^{3+}			K_{SP}, −34
Sm^{3+}	25		K_{SP}, −22.1
Eu^{3+}	25		K_{SP}, −23.1
Gd^{3+}	25		K_{SP}, −22.7
Tb^{3+}, Dy^{3+}, Ho^{3+}, Eu^{3+}, Tm^{3+}, Yb^{3+}, Lu^{3+}	25		K_{SP}, −23到−26

续表

金属	t(℃)	介质	平衡常数的对数值
氢氧化物 (OH^-)			
Ti^{3+}	15	0	K_1, 12.94
	25	0	K_1, 12.71
	35	0	K_1, 12.76
Ti(Ⅳ)			$TiOH^{3+}$
Zr^{4+}			$ZrOH^{3+}$; K_{SP}, −52
Hf^{4+}	20	0（推算）	K_{SP}, −53.4
Th^{4+}	22	→0	K_{SP}, −44.7
V^{2+}	25	0	K_{SP}, −15.4
V^{3+}	25	0	K_{SP}, −34.4
VO^{2+}	25	0	K_{SP}, −23.5
Pa(Ⅴ)			存在络合物
Cr^{2+}	18		K_{SP}, −19.7
Cr^{3+}	22	→0	K_{SP}, −30.2

续表

金属	t(℃)	介质	平衡常数的对数值
氢氧化物 (OH^-)			
U^{4+}			K_{SP}, −51.96
UO_2^{2+}	20	0 (推算)	K_{SP}, −17.22
Np^{4+}	25	2($NaClO_4$)	存在络合物
NpO_2^+	25		存在络合物
NpO_2^{2+}	25		K_{SP}, −21.6(?)
Pu^{3+}			K_{SP}, −19.7
Pu^{4+}	25		K_{SP}, −55.15
PuO_2^+			存在络合物
PuO_2^{2+}			K_{SP}, −22.7
Mn^{2+}	25	稀溶液	K_{SP}, −12.9
Re^{4+}			$Re(OH)_3^+$
Fe^{2+}	25	0 (推算)	K_{SP}, −14.8
Fe^{3+}	19	0 (推算)	K_{SP}, −37.5

续表

金属	t(℃)	介质	平衡常数的对数值
氢氧化物 (OH^-)			
Co^{2+}	25	0（推算）	K_{SP}, −15.2
Co^{3+}	25	0（推算）	K_{SP}, −43
Ni^{2+}	25	稀溶液	K_{SP}, −14.5
Ru^{3+}		稀溶液	K_{SP}, −36
Ru^{4+}			K_{SP}, −43.7
Rh^{3+}			存在络合物
Pd^{2+}	25	0（推算）	K_{SP}, −31
Ir^{4+}			存在络合物
Pt^{2+}	25		K_{SP}, −35
Cu^{+}	25	0	K_{SP}, −14.7
Cu^{2+}	25	→0	K_{SP}, −19.7
Ag^{+}	18	稀溶液	K_{SP}, −7.89
	20	稀溶液	K_{SP}, −7.84

续 表

金 属	t(℃)	介 质	平衡常数的对数值
氢 氧 化 物 (OH⁻)			
	25	稀溶液	K_{SP}, −7.71
Au^{3+}	22	0.5(HNO_3)	K_{SP}, −45.26
Zn^{2+}	25		K_1, 4.4
Cd^{2+}	25	3($NaClO_4$)	K_1, 4.3; K_2, 3.4; K_3, 2.6; K_4, 1.7
Hg_2^{2+}	25	0 (推算)	K_{SP}, −23.7(?)
Hg^{2+}	18		K_1, 11.9; K_2, 10.3
Al^{3+}	25	稀溶液	K_{SP}, −31.7
Ga^{3+}	10		K_{SP}, −36.0
	25		K_{SP}, −35.2
In^{3+}	10	稀溶液	K_{SP}, −34.4
	25	稀溶液	K_{SP}, −33.2
Tl^{+}	0	0 (推算)	K_1, 0.81
	25	0 (推算)	K_1, 0.82

续 表

金　属	t(℃)	介　质	平衡常数的对数值
		氢氧化物 (OH^-)	
Tl^{3+}	25	稀溶液	K_{SP}, −31
Ge^{2+}			存在络合物
Sn^{2+}	22	0（推算）	K_{SP}, −28.1
Pb^{2+}	25	0（推算）	K_1, 7.82; K_2, 3.06; K_3, 3.06
Sb^{3+}			K_{SP}, −41.4
Bi^{3+}			K_{SP}, −30.4
Po^{4+}			K_{SP}, −37

"介质"栏符号说明：　0（推算）——指所示平衡常数是根据理论或经验方程式推算离子强度为零时的平衡常数值；→0——指由各浓度条件下的平衡常数值外推到离子强度为零时的数值；　0——泛指离子强度为零时的平衡常数值；2（$NaClO_4$）——指加添括弧内所标惰性盐（如$NaClO_4$）使溶液离子强度保持为所示数值（如2）时的平衡常数值；各种浓度，HCl——指介质溶液主要含HCl，浓度可变动；稀溶液——一般指0.01M以下。

摘自，Sillen, L. G and Martell, A. E. (1964). *Stability Constants of Metal-Ion Complexes*, Spec. publ. No. 17, The Chemical Society, London.

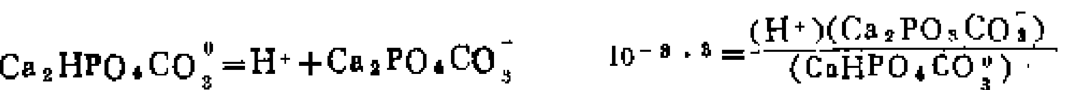
海水中溶存化学形式间的平衡常数

$CaHCO_3^+ = Ca^{2+} + HCO_3^-$	$10^{-1.26} = (Ca^{2+})(HCO_3^-)/(CaHCO_3^+)$
$NaCO_3^- = Na^+ + CO_3^{2-}$	$10^{-1.27} = (Na^+)(CO_3^{2-})/(NaCO_3^-)$
$CaCO_3^0 = Ca^{2+} + CO_3^{2-}$	$10^{-3.2} = (Ca^{2+})(CO_3^{2-})/(CaCO_3^0)$
$NaHCO_3^0 = Na^+ + HCO_3^-$	$10^{+0.25} = (Na^+)(HCO_3^-)/(NaHCO_3^0)$
$CaSO_4^0 = Ca^{2+} + SO_4^{2-}$	$10^{-2.31} = (Ca^{2+})(SO_4^{2-})/(CaSO_4^0)$
$KSO_4^- = K^+ + SO_4^{2-}$	$10^{-0.96} = (K^+)(SO_4^{2-})/(KSO_4^-)$
$NaSO_4^- = Na^+ + SO_4^{2-}$	$10^{-0.72} = (Na^+)(SO_4^{2-})/(NaSO_4^-)$
$MgHCO_3^+ = Mg^{2+} + HCO_3^-$	$10^{-1.16} = (Mg^{2+})(HCO_3^-)/(MgHCO_3^+)$
$MgCO_3^0 = Mg^{2+} + CO_3^{2-}$	$10^{-3.4} = (Mg^{2+})(CO_3^{2-})/(MgCO_3^0)$
$MgSO_4^0 = Mg^{2+} + SO_4^{2-}$	$10^{-2.36} = (Mg^{2+})(SO_4^{2-})/(MgSO_4^0)$
$MgF^+ = Mg^{2+} + F^-$	$10^{-1.80} = (Mg^{2+})(F^-)/(MgF^+)$

续 表

$NaPO_4^{2-}=Na^{+}+PO_4^{3-}$	$10^{-0.25}=(Na^{+})(PO_4^{3-})/(NaPO_4^{2-})$
$NaHPO_4^{-}=Na^{+}+HPO_4^{2-}$	$10^{-0.24}=(Na^{+})(HPO_4^{2-})/(NaHPO_4^{-})$
$KPO_4^{2-}=K^{+}+PO_4^{3-}$	$10^{-0.20}=(K^{+})(PO_4^{3-})/(KPO_4^{2-})$
$KHPO_4^{-}=K^{+}+HPO_4^{2-}$	$10^{-0.26}=(K^{+})(HPO_4^{2-})/(KHPO_4^{-})$
$CaHPO_4^{0}=Ca^{2+}+HPO_4^{2-}$	$10^{-2.20}=(Ca^{2+})(HPO_4^{2-})/(CaHPO_4^{0})$
$MgHPO_4^{0}=Mg^{2+}+HPO_4^{2-}$	$10^{-1.50}=(Mg^{2+})(HPO_4^{2-})/(MgHPO_4^{0})$
$H_2PO_4^{-}=H^{+}+HPO_4^{2-}$	$10^{-7.28}=(H^{+})(HPO_4^{2-})/(H_2PO_4^{-})$
$HPO_4^{2-}=H^{+}+PO_4^{3-}$	$10^{-12.66}=(H^{+})(PO_4^{3-})/(HPO_4^{2-})$
$Ca_2HPO_4CO_3^{0}+H^{+}=2Ca^{2+}+HPO_4^{2-}+HCO_3^{-}$	$10^{-1.88}=\frac{(Ca^{2+})^2(HPO_4^{2-})(HCO_3^{-})}{(Ca_2HPO_4CO_3^{0})(H^{+})}$

续 表



$$Ca_2HPO_4CO_3^0 = H^+ + Ca_2PO_4CO_3^- \qquad 10^{-8.3} = \frac{(H^+)(Ca_2PO_4CO_3^-)}{(CaHPO_4CO_3^0)}$$



$$H_2O(l) = H^+ + OH \qquad 10^{-14.73} = (H^+)(OH^-)$$

摘自：堀部純男等著，（1977），海水の化学，p. 122，第3刷発行。

海水中的电荷平衡[1)]

正离子			负离子		
阳离子	质量 (mol m⁻³)	电荷 (mol m⁻³)	阴离子	质量 (mol m⁻³)	电荷 (mol m⁻³)
Na^+	470	470	Cl^-	547	547
K^+	10	10	SO_4^{2-}	28	56
Mg^{2+}	53	106	Br^-	1	1
Ca^{2+}	10	20	Σ	—	604
			$HCO_3^- + CO_3^{2-}$	—	2
Σ	—	606	Σ′	—	606

1）过量阳离子电荷被由碳酸分解出来的碳酸氢根（HCO_3^-）和碳酸根离子（CO_3^{2-}）所平衡。

摘自：Broecker，W. S.（1974），*Chemical Oceanography*，p. 41.

海水中主要离子的标准自由能、生成热和熵（25°C）

离 子	$\Delta F°$ (kcal mol^{-1})	$\Delta H°$ (kcal mol^{-1})	$\Delta S°$ (cal mol^{-1} ℃$^{-1}$)
Na^{+}	−62.59	−57.5	14.0
K^{+}	−67.43	−60.3	24.2
Mg^{2+}	−107.8	−110.2	−31.6
Ca^{2+}	−132.7	−129.5	−11.4
Sr^{2+}	−133.2	−130.0	−7.3
Cl^{-}	−31.33	−39.9	13.50
Br^{-}	−24.58	−28.7	19.7
SO_4^{2-}	−176.1	−216.3	4.4
CO_3^{2-}	−126.4	−160.5	−13.0
OH^{-}	−37.59	−54.8	−2.49
H^{+}	0	0	0
			(标准态)

摘自：Horne, R. A. (1969). *Marine Chemistry*. p. 78.

黑海缺氧水的氧化还原电位

深度 (m)	氧化还原电位 (mV)	氧浓度 ml l^{-1}	氧浓度 μg-at l^{-1}	硫化物浓度 ml l^{-1}	硫化物浓度 μg-at l^{-1}	$SO_4^{2-}/Cl‰$
0	395	5.60	498	—	—	0.1408
25	408	7.06	628	—	—	—
50	404	6.35	563	—	—	0.1413
100	340	1.08	96	—	—	0.1408
150	−26	0.25	22	0.02	2	0.1402

续表

深度 (m)	氧化还原电位 (mV)	氧浓度 ml l^{-1}	氧浓度 μg-at l^{-1}	硫化物浓度 ml l^{-1}	硫化物浓度 μg-at l^{-1}	$SO_4^{2-}/Cl‰$
200	−88	0.08	7	0.67	60	0.1400
300	−139	0	—	1.74	155	0.1394
500	−170	0	—	3.60	320	0.1387
750	−152	0	—	5.29	471	0.1377
1000	−144	0	—	6.15	547	0.1330
1500	−129	0	—	6.34	653	0.1378
1750	—	—	—	—	—	0.1378
2000	—	—	—	—	—	0.1361

摘自：Richards, F. A., Cline, J. D., Broenkow, W. W. and Atkinson, L. P. (1965), *Limnol. Oceanog.*, 10, R153.

海水中主要离子组分的结晶（离子）半径

Na^+	0.95Å	Cl^-	1.81Å
Mg^{2+}	0.65	Br^-	1.95
Ca^{2+}	0.99	F^-	1.36
K^+	1.33	I^-	2.16
Sr^{2+}	1.13		
Al^{3+}	0.50		
Rb^+	1.48		
Li^+	0.60		
Ba^{2+}	1.35		

摘自：Horne, R. A. (1969), *Marine Chemistry*, p. 152.

海水的恒压比热 (J g⁻¹ °C⁻¹)

S(‰)	0℃	5℃	10℃	15℃	20℃	25℃	30℃	35℃	40℃
0	4.2174	4.2019	4.1919	4.1855	4.1816	4.1793	4.1782	4.1779	4.1783
5	4.1812	4.1679	4.1599	4.1553	4.1526	4.1513	4.1510	4.1511	4.1515
10	4.1466	4.1354	4.1292	4.1263	4.1247	4.1242	4.1248	4.1252	4.1256
15	4.1130	4.1038	4.0994	4.0982	4.0975	4.0977	4.0992	4.0999	4.1003
20	4.0804	4.0730	4.0702	4.0706	4.0709	4.0717	4.0740	4.0751	4.0754
25	4.0484	4.0428	4.0417	4.0437	4.0448	4.0462	4.0494	4.0508	4.0509
30	4.0172	4.0132	4.0136	4.0172	4.0190	4.0210	4.0251	4.0268	4.0268
35	3.9865	3.9842	3.9861	3.9912	3.9937	3.9962	4.0011	4.0031	4.0030
40	3.9564	3.9556	3.9590	3.9655	3.9688	3.9718	3.9775	3.9797	3.9795

摘自：Millero, F. J., Perron, G. and Desnoyers, J. E. (1973). *J. Geophys. Res.* **78**, 4499.

海水和纯水的比容

蒸 馏 水 的 比 容 ($cm^3\ g^{-1}$)

p(bar)	t (℃)				
	0	10	20	30	40
1	1.0000	1.0003	1.0017	1.0043	1.0078
100	0.9950	0.9956	0.9972	0.9999	1.0035
200	0.9902	0.9910	0.9928	0.9956	0.9992
300	0.9856	0.9866	0.9886	0.9914	0.9950
400	0.9810	0.9823	0.9844	0.9873	0.9910
500	0.9767	0.9781	0.9804	0.9833	0.9870

蒸 馏 水 的 比 容 (cm^3g^{-1})

p(bar)	t(℃)				
	0	10	20	30	40
600	0.9724	0.9741	0.9764	0.9795	0.9832
700	0.9683	0.9702	0.9726	0.9757	0.9795
800	0.9643	0.9663	0.9689	0.9721	0.9758
900	0.9605	0.9626	0.9653	0.9685	0.9723
1000	0.9567	0.9590	0.9618	0.9650	0.9688

海 水 的 比 容

$S=10‰$

p(bar)	t(℃)				
	0	10	20	30	40
1	0.9921	0.9926	0.9942	0.9968	1.0004
100	0.9873	0.9881	0.9899	0.9926	0.9961
200	0.9826	0.9837	0.9856	0.9884	0.9920
300	0.9781	0.9794	0.9814	0.9843	0.9879
400	0.9737	0.9752	0.9774	0.9803	0.9840
500	0.9695	0.9711	0.9735	0.9764	0.9801
600	0.9654	0.9672	0.9696	0.9727	0.9764
700	0.9614	0.9634	0.9659	0.9691	0.9728
800	0.9575	0.9597	0.9623	0.9655	0.9692
900	0.9537	0.9561	0.9588	0.9620	0.9658
1000	0.9501	0.9526	0.9554	0.9587	0.9624

S=20‰

p(bar)	t(℃)				
	0	10	20	30	40
1	0.9842	0.9850	0.9868	0.9894	0.9930
100	0.9796	0.9806	0.9826	0.9853	0.9888
200	0.9751	0.9763	0.9784	0.9812	0.9848
300	0.9707	0.9722	0.9743	0.9772	0.9808
400	0.9664	0.9681	0.9704	0.9734	0.9770
500	0.9623	0.9642	0.9666	0.9696	0.9733
600	0.9583	0.9604	0.9629	0.9660	0.9697
700	0.9544	0.9566	0.9593	0.9624	0.9661
800	0.9507	0.9530	0.9558	0.9590	0.9627
900	0.9470	0.9495	0.9524	0.9556	0.9593
1000	0.9435	0.9461	0.9491	0.9524	0.9561

S=30‰

p(bar)	t(℃)				
	0	10	20	30	40
1	0.9764	0.9775	0.9794	0.9821	0.9856
100	0.9719	0.9732	0.9753	0.9781	0.9816
200	0.9676	0.9690	0.9712	0.9741	0.9776
300	0.9633	0.9650	0.9673	0.9702	0.9738
400	0.9592	0.9611	0.9635	0.9665	0.9701
500	0.9552	0.9572	0.9598	0.9629	0.9665
600	0.9513	0.9535	0.9562	0.9593	0.9630

$S=30‰$

p(bar)	t(℃)				
	0	10	20	30	40
700	0.9476	0.9500	0.9527	0.9559	0.9595
800	0.9439	0.9464	0.9493	0.9525	0.9562
900	0.9404	0.9430	0.9460	0.9492	0.9529
1000	0.9370	0.9397	0.9428	0.9461	0.9498

$S=35‰$

p(bar)	t(℃)				
	0	10	20	30	40
1	0.9726	0.9738	0.9757	0.9784	0.9819
100	0.9681	0.9695	0.9717	0.9745	0.9780
200	0.9638	0.9654	0.9677	0.9706	0.9741
300	0.9596	0.9614	0.9638	0.9668	0.9703
400	0.9556	0.9576	0.9601	0.9631	0.9667
500	0.9517	0.9538	0.9564	0.9595	0.9631
600	0.9479	0.9502	0.9529	0.9560	0.9596
700	0.9442	0.9466	0.9494	0.9526	0.9562
800	0.9406	0.9432	0.9461	0.9493	0.9529
900	0.9371	0.9398	0.9428	0.9461	0.9497
1000	0.9337	0.9366	0.9396	0.9429	0.9466

$S=40‰$

p(bar)	t(℃)				
	0	10	20	30	40
1	0.9687	0.9700	0.9720	0.9748	0.9783
100	0.9644	0.9659	0.9680	0.9709	0.9744
200	0.9601	0.9618	0.9641	0.9670	0.9706
300	0.9560	0.9579	0.9603	0.9633	0.9668
400	0.9520	0.9541	0.9566	0.9597	0.9632
500	0.9481	0.9504	0.9530	0.9561	0.9597
600	0.9444	0.9468	0.9495	0.9527	0.9563
700	0.9408	0.9433	0.9461	0.9493	0.9530
800	0.9372	0.9399	0.9428	0.9461	0.9497
900	0.9338	0.9366	0.9396	0.9429	0.9465
1000	0.9305	0.9334	0.9365	0.9398	0.9434

摘自：Wilson, W. and Bradley, D. (1966). Specific Volume, Thermal Expansion, and Isothermal Compressibility of Sea Water. U. S. N. Ord. Lab. Rept. No. NoL TR—66—103, June 2, Unclass, AD—635—120.

海水比容变化的观测值[1]

	S=35.00‰						S=30.50‰				S=39.50‰			
p(绝对bar)	8.3	201.3	401.2	601.0	800.9	1000.8	8.3	201.3	601.0	1000.9	8.3	201.3	601.0	1000.8
S (‰)	35.000	35.004	35.005	35.002	35.002	35.002	30.502	30.504	30.506	30.510	39.503	39.502	39.504	39.507
pH (1bar, 25℃)	7.91	7.95	7.94	7.94	8.00	7.96	8.06	7.98	8.03	8.00	8.22	8.18	8.13	8.16
t (℃)														
−2.000	—	—	−277.1	−356.9	−424.3	−480.5		—	−341.9	−472.3	—	—	−370.6	−489.4
−1.000	—	−97.5	—	—	—	—	—	−86.9	—	—	—	−107.1	—	—
0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.000	132.2	224.9	310.03	383.2	444.9	497.6	106.9	204.7	368.6	489.0	155.8	245.2	394.4	504.3
4.000	311.2	489.5	652.0	791.7	910.6	1012.5	262.7	450.5	766.4	998.5	355.8	527.9	815.7	1026.8
6.006	535.0	791.0	1023.0	1225.3	1396.6	1544.7	464.7	734.7	1189.8	1523.0	599.1	846.2	1259.1	1566.1
8.000	801.0	1127.3	1424.4	1683.3	1902.4	2094.3	712.1	1055.7	1637.2	2064.2	883.0	1198.6	1726.2	2117.5
10.000	1107.1	1498.0	1864.4	2163.3	2472.7	2660.1	1000.9	1412.3	2106.9	2623.2	1205.8	1582.7	2216.4	2686.7
12.000	1452.7	1901.9	2312.4	2668.5	2971.6	3243.6	1330.2	1802.6	2603.7	3197.3	1566.5	1999.4	2729.5	3274.6
14.000	1836.3	2336.9	2796.2	3198.3	3535.9	3827.4	1698.8	2226.3	3123.4	3790.3	1962.6	2446.4	3264.0	3872.9
16.000	2255.5	2804.0	3306.4	3745.3	4119.2	4448.9	2104.7	2682.5	3665.3	4398.0	2394.3	2923.1	3818.4	4489.2
18.000	2709.3	3299.8	3840.9	4316.0	4721.5	5075.4	2547.1	3169.6	4228.6	5021.7	2858.7	3428.0	4394.0	5119.5
20.000	3196.3	3823.9	4400.2	4906.4	5341.0	5719.9	3022.8	3685.2	4815.6	5661.0	3355.8	3961.8	4994.4	5764.6
22.000	3717.0	4376.5	4984.1	5516.1	5975.8	6378.6	3533.0	4230.0	5421.9	6315.4	3883.4	4522.1	5610.2	6423.2
24.000	4268.2	4957.5	5591.4	6151.3	6630.1	7061.0	4075.6	4804.1	6049.9	6985.9	4442.8	5108.6	6246.4	7100.4
26.000	4850.1	5564.4	6223.6	6803.5	7308.4	7738.2	4649.9	5403.9	6698.9	7673.4	5031.4	5721.8	6901.7	7789.7
28.000	5461.6	6197.0	6877.1	7472.2	7990.8	8439.8	5255.2	6032.2	7367.9	8374.8	5648.6	6358.8	7576.4	8493.4
30.000	6102.6	6855.3	7554.3	8165.9	8693.8	9159.8	5389.4	6687.1	8056.6	9091.8	6294.8	7021.5	8269.4	9211.1

1) 在不同压力和盐度下，温度由0℃变到t℃，比容单位：$10^{-6}cm^3g^{-1}$。

摘自：Cox, R. A., Mccartney, M. J. and Culkin, F. (1970), *Deep-Sea Res*, 17, 679.

海水的热容[1]

t(℃)	S(‰)				
	0	10	20	3)	40
0	1.005	0.989	0.974	0.959	0.946
10	1.002	0.987	0.973	0.960	0.947
20	1.000	0.988	0.973	0.961	0.949
30	0.999	0.986	0.974	0.962	0.950
40	0.998	0.986	0.974	0.963	0.951

1) cal g^{-1}℃$^{-1}$，在1 atm下。

摘自：Horne, R. A. (1969). *Marine Chemistry*, p. 68.

海水的热传导系数[1]

S(‰)				
0	10	20	30	40
0.00583	0.00569	0.00563	0.00560	0.00558

1) 在17.5℃和1 atm下，单位Wcm^{-1}(℃)$^{-1}$。

摘自：Dorsey, N. E., (1940). *Properties of Ordinary Water-Substance*, Reinhold Pub.

海水的热传导系数与温度和压力的关系[1]

p	t(℃)			
(bar)	1.82	10	20	30
200	563	578	594	606
400	570	585	601	613
600	578	592	609	619
800	585	599	615	627
1000	591	606	622	634
1200	596	613	628	641
1400	602	618	634	647

$$K=5.5286\times10^{-3}+3.4025\times10^{-7}p+1.8364\times10^{-7}t-3.3058\times10^{-9}t$$

1) 海水S=34.994‰，单位：K，$10^{-5}Wcm$(℃)$^{-1}$

摘自：Castelli, V. J., Stanley, E. M. and Fischer, E. C. (1974). *Deep-Sea Res.*, 21, 311.

海水的热膨胀[1]

p (bar)	t(℃) 0	10	20	30
	$S=30.50‰$			
1	39	155	246	324
500	158	229	290	346
1000	240	284	323	362
	$S=35.00‰$			
1	52	162	251	327
500	166	234	293	347
1000	244	286	325	363
	$S=39.50‰$			
1	65	170	256	329
500	174	239	296	348
1000	248	289	326	363

1) $10^{-6}cm^3$ (℃)$^{-1}$.

摘自：Bradshaw, A. and Schleicher, K. E. (1970), *Deep-Sea Res.* 16, 691.

海水和纯水的热膨胀系数

蒸馏水的热膨胀系数（单位：10^{-5}(℃)$^{-1}$）

p(bar)	t(℃) 0	10	20	30	40
1	−3.4	9.0	20.0	30.3	40.7
100	−0.2	11.2	21.4	31.1	41.0
200	2.8	13.3	22.8	31.9	41.2
300	5.6	15.2	24.0	32.6	41.4
400	8.3	17.1	25.2	33.2	41.5
500	10.8	18.9	26.4	33.8	41.7

蒸馏水的热膨胀系数〔单位：10^{-6}（℃）$^{-1}$〕

p(bar)	t(℃)				
	0	10	20	30	40
600	13.2	20.6	27.5	34.4	41.8
700	15.5	22.1	28.5	35.0	41.0
800	17.7	23.6	29.5	35.5	42.0
900	19.7	25.0	30.4	36.0	42.1
1000	21.6	26.4	31.2	36.4	42.2

海水的热膨胀系数

$S=10‰$

p(bar)	t(℃)				
	0	10	20	30	40
1	−0.2	11.1	21.2	30.7	40.4
100	2.8	13.2	22.5	31.5	40.6
200	5.7	15.2	23.8	32.2	40.8
300	8.5	17.1	25.1	32.9	41.0
400	11.1	18.9	26.2	33.5	41.2
500	13.5	20.6	27.3	34.1	41.3
600	15.8	22.2	28.4	34.7	41.4
700	18.0	23.7	29.4	35.2	41.5
800	20.1	25.2	30.3	35.7	41.6
900	22.0	26.5	31.2	36.1	41.7
1000	23.9	27.8	32.0	36.6	41.7

续 表

$S=20‰$					
p(bar)	t(℃)				
	0	10	20	30	40
1	3.0	13.2	22.3	31.1	40.1
100	6.0	15.2	23.6	31.9	40.3
200	8.7	17.1	24.9	32.6	40.5
300	11.4	19.0	26.1	33.2	40.7
400	13.8	20.7	27.2	33.8	40.8
500	16.2	22.3	28.3	34.4	40.9
600	18.4	23.8	29.2	34.9	41.0
700	20.5	25.3	30.2	35.4	41.1
800	22.5	26.7	31.1	35.9	41.2
900	24.4	28.0	31.9	36.3	41.3
1000	26.1	29.2	32.7	36.7	41.3

$S=30‰$					
p(bar)	t(℃)				
	0	10	20	30	40
1	6.2	15.3	23.5	31.5	39.8
100	9.0	17.2	24.8	32.2	40.0
200	11.7	19.1	26.0	32.9	40.2
300	14.2	20.8	27.1	33.5	40.3
400	16.6	22.5	28.2	34.1	40.4
500	18.8	24.0	29.2	34.6	40.5
600	21.0	25.5	30.1	35.1	40.6
700	23.0	26.9	31.0	35.6	40.7

续 表

p(bar)	t(℃)				
	0	10	20	30	40
800	24.9	28.2	31.9	36.0	40.8
900	26.6	29.4	32.7	36.4	40.9
1000	28.3	30.6	33.4	36.8	40.9

$S=35‰$

p(bar)	t(℃)				
	0	10	20	30	40
1	7.8	16.3	24.1	31.7	39.6
100	10.6	18.2	25.3	32.4	39.8
200	13.2	20.0	26.5	33.0	40.0
300	15.6	21.7	27.6	33.6	40.1
400	18.0	23.3	28.6	34.2	40.2
500	20.2	24.9	29.6	34.7	40.3
600	22.2	26.3	30.6	35.2	40.4
700	24.2	27.7	31.4	35.7	40.5
800	26.0	29.0	32.3	36.1	40.6
900	27.8	30.2	33.1	36.5	40.6
1000	29.4	31.3	33.8	36.9	40.7

$S=40‰$

p(bar)	t(℃)				
	0	10	20	30	40
1	9.4	17.3	24.7	31.9	39.5
100	12.1	19.2	25.9	32.6	39.6
200	14.7	21.0	27.0	33.2	39.8

p(bar)	t(℃)				
	0	10	20	30	40
S=40‰					
300	17.1	22.6	28.1	33.8	39.9
400	19.4	24.2	29.1	34.3	40.1
500	21.5	25.7	30.1	34.8	40.2
600	23.5	27.1	31.0	35.3	40.2
700	25.4	28.5	31.9	35.8	40.3
800	27.2	29.7	32.7	36.2	40.4
900	29.0	30.9	33.4	36.6	40.4
1000	30.6	32.0	34.2	37.0	40.5

摘自：Wilson, W. and Bradley, D. (1966). Specific Volume, Thermal Expansion, and Isothermal Compressibility of Sea Water, U.S.N. Ord. Lab. Rept. No. NoL TR-66-103, June 2, Unclass. AD-635-120.

海水的绝热冷却

A. 海洋中不同深度的绝热温度梯度（绝热温差）。
[单位：℃ $(10^3 m)^{-1}$，S=34.85‰]

深 度 (m)	t(℃)								
	−2	0	2	4	6	8	10	15	20
0	0.016	0.035	0.053	0.070	0.087	0.103	0.118	0.155	0.190
1000	0.036	0.054	0.071	0.087	0.103	0.118	0.132	0.166	0.199
2000	0.056	0.073	0.089	0.104	0.118	0.132	0.146	0.177	0.207
3000	0.075	0.091	0.106	0.120	0.133	0.146	0.159	0.188	

续 表

深 度 (m)	t (℃)								
	−2	0	2	4	6	8	10	15	20
4000	0.093	0.108	0.122	0.135	0.147	0.159	0.170	0.197	
5000	0.110	0.124	0.137	0.149					
6000	0.120	0.140	0.152	0.163					
7000		0.155	0.165	0.175					
8000		0.169	0.178	0.187					
9000		0.182	0.191	0.198					
10 000		0.194	0.202	0.209					

B．在不同深度，具有一定温度的海水（S=34.85‰）提升到海面的绝热冷却值［单位：0.01℃］

深度 (m)	t (℃)												
	−2	−1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1000	2.6	3.5	4.4	5.3	6.2	7.0	7.8	8.6	9.5	10.2	11.0	11.7	12.4
2000	7.2	8.9	10.7	12.4	14.1	15.7	17.2	18.8	20.4	21.9	23.3	24.8	26.2
3000	13.6	16.1	18.7	21.2	23.6	25.9	28.2	30.5	32.7	34.9	37.1	39.2	41.2
4000	21.7	25.0	28.4	31.6	34.7	37.7	40.6	43.5	46.3	49.1	51.9	54.6	57.2
5000	31.5	35.5	39.6	43.4	47.2	50.9	54.4						
6000	42.8	47.5	52.2	56.7	61.1	65.3	69.4						
7000			66.2	71.3	76.2	80.9	85.5						
8000			81.5	87.1	92.5	97.9	102.7						
9000			98.1	104.1	109.9	115.6	121.0						
10 000			115.7	122.1	128.3	134.4	140.2						

C. 具有一定温度和盐度的海水从1000m深度提升到海面的绝热冷却值［单位：0.01℃］

S(‰)	t (℃)											
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
30.0	3.5	5.3	7.0	8.7	10.3	11.8	13.2	14.7	16.1	17.6	18.9	20.3
32.0	3.9	5.7	7.3	9.0	10.6	12.1	13.5	15.0	16.4	17.8	19.1	20.5
34.0	4.3	6.0	7.7	9.4	10.9	12.4	13.8	15.3	16.6	18.0	19.3	20.7
36.0	4.7	6.4	8.1	9.7	11.2	12.7	14.1	15.5	16.9	18.3	19.6	20.9
38.0	5.1	6.8	8.4	10.0	11.6	13.0	14.4	15.8	17.2	18.5	19.8	21.1

摘自：Sverdrup, H. U., Johnson, M. W. and Fleming, R.H.,(1942). *The Oceans*, Prentice-Hall, Inc.Englewood Cliffs, N.J., With Permission of the Publisher.

海水的等温压缩系数与盐度和温度的关系1)

S(‰)	$\beta\times10^{-6}$(bar^{-1})								
	0℃	5℃	10℃	15℃	20℃	25℃	30℃	35℃	40℃
0.00	50.886	49.171	47.811	46.736	45.895	45.250	44.774	44.444	44.243
6.14	50.07	48.42	47.10	46.09	45.31	44.71	44.26	43.92	43.75
11.80	49.25	47.70	46.43	45.41	44.66	44.13	43.68	43.34	43.19
14.75	48.84	47.30	46.11	45.15	44.38	43.83	43.43	43.13	43.01
21.01	48.14	46.71	45.59	44.63	43.92	43.45	42.96	42.71	42.63
24.52	47.63	46.25	45.17	44.29	43.61	42.98	42.68	42.33	42.23
29.38	47.01	45.62	44.62	43.74	43.17	42.56	42.24	41.96	41.86
34.25	46.49	45.17	44.15	43.32	42.69	42.18	41.88	41.69	41.55
35.00	46.32	45.03	44.02	43.19	42.58	42.11	41.78	41.49	41.48
39.00	45.84	44.62	43.63	42.80	42.30	41.73	41.53	41.23	41.15

1) 在1 atm下。

摘自：Lepple, F. K. and Millero, F. J. (1971) *Deep-Sea Res.* 18, 1233.

海水和纯水的压缩系数

蒸馏水的压缩系数（单位：$10^{-6}bar^{-1}$）

p(bar)	t(℃)				
	0	10	20	30	40
1	50.7	47.9	46.1	44.9	44.4
100	49.2	46.6	44.9	43.8	43.3
200	47.9	45.4	43.8	42.7	42.3
300	46.5	44.2	42.6	41.7	41.3
400	45.3	43.1	41.6	40.7	40.3
500	44.1	42.0	40.6	39.7	39.4
600	42.9	40.9	39.6	38.8	38.5
700	41.8	39.9	38.7	37.9	37.6
800	40.7	39.0	37.8	37.0	36.8
900	39.7	38.0	36.9	36.2	35.9
1000	38.7	37.1	36.0	35.4	35.2

海水的压缩系数

$S=10‰$

p(bar)	t(℃)				
	0	10	20	30	40
1	49.5	46.9	45.1	44.0	43.5
100	48.1	45.6	43.9	42.9	42.4
200	46.8	44.4	42.8	41.8	41.4
300	45.5	43.3	41.8	40.8	40.4
400	44.3	42.2	40.7	39.9	39.5
500	43.1	41.1	39.7	38.9	38.6

$S=10‰$

p(bar)	t (℃)				
	0	10	20	30	40
600	41.9	40.0	38.8	38.0	37.7
700	40.8	39.1	37.8	37.1	36.8
800	39.8	38.1	37.0	36.3	36.0
900	38.8	37.2	36.1	35.5	35.2
1000	37.8	36.3	35.3	34.7	34.4

$S=20‰$

p(bar)	t (℃)				
	0	10	20	30	40
1	48.4	45.8	44.1	43.1	42.6
100	47.0	44.6	43.0	42.0	41.6
200	45.7	43.4	41.9	41.0	40.6
300	44.4	42.3	40.9	40.0	39.6
400	43.2	41.2	39.8	39.0	38.7
500	42.1	40.2	38.9	38.1	37.8
600	41.0	39.2	37.9	37.2	36.9
700	39.9	38.2	37.0	36.4	36.1
800	38.9	37.3	36.2	35.5	35.3
900	37.9	36.4	35.3	34.7	34.5
1000	37.0	35.5	34.5	33.9	33.7

$S=30‰$

p(bar)	t (℃)				
	0	10	20	30	40
1	47.2	44.8	43.2	42.1	41.7
100	45.9	43.6	42.0	41.1	40.7
200	44.6	42.5	41.0	40.1	39.7
300	43.4	41.4	40.0	39.1	38.8
400	42.2	40.3	39.0	38.2	37.8
500	41.1	39.3	38.0	37.3	37.0
600	40.0	38.3	37.1	36.4	36.1
700	39.0	37.3	36.2	35.6	35.3
800	38.0	36.4	35.4	34.8	34.5
900	37.0	35.6	34.6	34.0	33.8
1000	36.1	34.7	33.8	33.2	33.0

$S=35‰$

p(bar)	t (℃)				
	0	10	20	30	40
1	46.7	44.3	42.7	41.7	41.2
100	45.4	43.1	41.6	40.6	40.2
200	44.1	42.0	40.5	39.6	39.3
300	42.9	40.9	39.5	38.7	38.3
400	41.7	39.8	38.5	37.8	37.4
500	40.6	38.8	37.6	36.9	36.6
600	39.5	37.8	36.7	36.0	35.7

S=35‰					
p(bar)	t (℃)				
	0	10	20	30	40
700	38.5	36.9	35.8	35.2	34.9
800	37.5	36.0	35.0	34.4	34.1
900	36.6	35.1	34.2	33.6	33.4
1000	35.6	34.3	33.4	32.8	32.6

S=40‰					
p(bar)	t (℃)				
	0	10	20	30	40
1	46.1	43.8	42.2	41.2	40.8
100	44.8	42.6	41.1	40.2	39.8
200	43.6	41.5	40.1	39.2	38.8
300	42.4	40.4	39.1	38.3	37.9
400	41.2	39.4	38.1	37.3	37.0
500	40.1	38.4	37.2	36.5	36.2
600	39.1	37.4	36.3	35.6	35.3
700	38.0	36.5	35.4	34.8	34.5
800	37.1	35.6	34.6	34.0	33.8
900	36.1	34.7	33.8	33.2	33.0
1000	35.2	33.9	33.0	32.5	32.3

摘自：Wilson, W. and Bradley, D.(1966). Specific Volume, Thermal Expansion, and Isothermal Compressibility of Sea Water. U.S.N. Ord. Lab. Rept. No. NOL TR-66-103, June 2, Unclass, AD-635-120.

海水中某些电解质的扩散系数 ($10^{-5}cm^2S^{-1}$，25°C)

浓度 (*M*)	NaCl	KCl	CsCl	$CaCl_2$	$SrCl_2$	Na_2SO_4	$MgSO_4$
0.005	1.560	1.934	1.978	1.179	1.219	1.123	0.710
0.01	1.545	1.917	1.958	—	—	—	—
0.05	1.507	1.864	—	—	—	—	—
0.10	1.483	1.844	1.971	—	—	—	—
0.50	1.474	1.850	1.860	—	—	—	—
1.00	1.404	1.892	1.902	—	—	—	—
1.50	1.473	1.943	—	—	—	—	—

摘自：Horne, R.A. (1969) .*Marine Chemistry*.p.94.

海水（洁净）的表面张力[1]（Nm^{-1}）

S(‰)	t(℃)			
	0	10	20	30
0	75.64×10^{-3}	74.20×10^{-3}	72.76×10^{-3}	71.32×10^{-3}
10	75.86	74.42	72.98	71.54
20	76.08	74.64	73.20	71.76
30	76.30	74.86	73.42	71.98
35	76.41	74.97	73.53	72.09
40	76.25	75.08	73.64	72.20

1) 表面张力 (Nm^{-1}) $=10^{-3}$ $(75.64-0.144t+0.0221S‰)$

摘自：(1) Krümmel, O. (1900) .Wiss.Meeresuntersuch.5, 9.

(2) Fleming, R.H. and Revelle, R.R. (1939) .*Recent Marine Sediments* (N.Trask ed.) .Amer.Soc.Petrol. Geol.,Tulsa, Oklahoma.

纯水的表面张力 (γ)

t (℃)	表面张力(γ) (dyn cm^{-1})	t (℃)	表面张力(γ) (dyn cm^{-1})
−8	76.96	+18	73.05
−5	76.42	+20	72.75
0	75.64	+22	72.44
+5	74.92	+24	72.13
+10	74.22	+26	71.82
+12	73.93	+28	71.50
+14	73.64	+30	71.18
+16	73.34	+35	70.38

摘自：Dorsey, N.E. (1940). Properties of Ordinary Water-Substance, Reinhold Pub.

海水的粘度 (μ) (cP)

S(‰)	t(℃)							
	0	2	4	6	8	10	12	14
0	1.7916	1.6739	1.5681	1.4725	1.3857	1.3069	1.2349	1.1691
5	1.8049	1.6868	1.5808	1.4849	1.3979	1.3189	1.2466	1.1807
10	1.8180	1.6995	1.5930	1.4968	1.4095	1.3302	1.2576	1.1913
15	1.8312	1.7122	1.6054	1.5087	1.4210	1.3412	1.2685	1.2018
20	1.8445	1.7251	1.6178	1.5208	1.4325	1.3525	1.2794	1.2125
25	1.8579	1.7380	1.6302	1.5327	1.4442	1.3638	1.2903	1.2231
30	1.8713	1.7509	1.6427	1.5448	1.4560	1.3751	1.3012	1.2338
32	1.8767	1.7563	1.6478	1.5497	1.4607	1.3797	1.3057	1.2379
34	1.8823	1.7643	1.6528	1.5545	1.4652	1.3843	1.3101	1.2423
36	1.8876	1.7696	1.6578	1.5594	1.4701	1.3888	1.3146	1.2465
38	1.8932	1.7752	1.6630	1.5644	1.4748	1.3934	1.3189	1.2508
40	1.8985	1.7835	1.6680	1.5692	1.4795	1.3980	1.3233	1.2551
42	1.9041	1.7881	1.6732	1.5741	1.4842	1.4026	1.3278	1.2595

S(‰)	t(℃)							
	16	18	20	22	24	26	28	30
0	1.1087	1.0532	1.0020	0.9547	0.9109	0.8703	0.8326	0.7975
5	1.1200	1.0644	1.0129	0.9655	0.9215	0.8807	0.8428	0.8076
10	1.1304	1.0745	1.0228	0.9751	0.9309	0.8900	0.8519	0.8165
15	1.1407	1.0845	1.0327	0.9847	0.9402	0.8991	0.8608	0.8252
20	1.1513	1.0945	1.0421	0.9942	0.9495	0.9082	0.8697	0.8339
25	1.1614	1.1046	1.0522	1.0036	0.9588	0.9172	0.8783	0.8426
30	1.1717	1.1146	1.0619	1.0132	0.9682	0.9263	0.8875	0.851
32	1.1758	1.1186	1.0658	1.0171	0.9719	0.9300	0.8910	0.8547
34	1.1800	1.1227	1.0698	1.0210	0.9757	0.9336	0.8945	0.8582
36	1.1841	1.1267	1.0737	1.0248	0.9793	0.9372	0.8981	0.8617
38	1.1883	1.1308	1.0778	1.0286	0.9831	0.9409	0.9017	0.8651
40	1.1925	1.1348	1.0817	1.0325	0.9869	0.9446	0.9053	0.8686
42	1.1967	1.1389	1.0857	1.0363	0.9906	0.9483	0.9089	0.8721

在温度t℃时纯水粘度η_t可由下式算出：

$$\log\frac{\eta_t}{\eta_{20}}=\frac{1.1709(20-t)-0.001827(t-20)}{t+89.93}$$

式中η_{20}是20℃时的粘度。

海水粘度由比值 $\frac{\eta}{\eta_0}=1+ACl_v^{\frac{1}{2}}+BCl_v$ 算出。

式中Cl_v是体积氯度($Cl_v=Cl‰\times$密度)，A=0.000366，0.001403和B=0.002756，0.003416（在5℃和25℃时）：在其他温度时的常数值可由线性内插和外推得到。

根据Matthäus（1972），在温度为t（℃）时，压力增加（p，$kgcm^{-2}$）引起动力粘度变化（$\Delta\eta_p$，cP），可由下式计算：

$$\Delta\eta_p=-1.7913\times10^{-4}p+9.5182\times10^{-8}p^2+p\ (1.3550\times10^{-5}t-2.5853\times10^{-7}t^2-p^2(6.0833\times10^{-9}t-1.1652\times10^{-10}t^2)$$

摘自：Korson, L., Drost-Hansen, W. and Millero, F. J. (1969), *J. Phys. Chem.* 73, 34.

海水的相对粘度[1)]

t (℃)	S 5‰	10‰	20‰	30‰	40‰
0	1.009	1.017	1.032	1.056	1.054
5	0.855	0.863	0.877	0.891	0.905
10	0.738	0.745	0.785	0.772	0.785
15	0.643	0.649	0.662	0.675	0.688
20	0.568	0.574	0.586	0.599	0.611
25	0.504	0.510	0.521	0.533	0.545
30	0.454	0.460	0.470	0.481	0.491

1) η/η_0，其中η_0为0℃下纯水的粘度（1.787cP），在1 atm下。

摘自：Dorsey, N.E., (1940). *Properties of Ordinary Water-Substance*, Reinhold Pub.Corp., New York.

海水最大密度（ρ_m）时的温度（t_m）[1)]

S	Δ_m	t_m	Dt_m/S	S	Δ_m	t_m	Dt_m/S
0	0	3.947		21	168.7	−0.529	2.13
1	8.5	3.743	2.04	22	176.7	−0.744	2.13
2	16.9	3.546	2.00	23	184.8	−0.964	2.14
3	25.1	3.347	2.00	24	192.9	−1.180	2.14
4	33.3	3.133	2.04	25	201.0	−1.398	2.14
5	41.5	2.926	2.04	26	209.1	−1.613	2.14
6	49.6	2.713	2.06	27	217.2	−1.831	2.14
7	57.7	2.501	2.07	28	225.3	−2.048	2.14
8	65.8	2.292	2.07	29	233.4	−2.262	2.14
9	73.8	2.075	2.07	30	241.5	−2.473	2.14
10	81.8	1.860	2.09	31	249.7	−2.687	2.14
11	89.7	1.645	2.09	32	257.8	−2.900	2.14
12	97.6	1.426	2.10	33	265.9	−3.109	2.14
13	105.6	1.210	2.11	34	274.0	−3.318	2.14
14	113.5	0.994	2.11	35	282.2	−3.524	2.14
15	121.3	0.772	2.12	36	290.4	−3.733	2.13
16	129.2	0.562	2.12	37	298.6	−3.936	2.13
17	136.9	0.342	2.12	38	306.8	−4.138	2.13
18	144.8	0.124	2.12	39	315.0	−4.340	2.13
19	152.7	−0.090	2.13	40	323.2	−4.541	2.12
20	160.7	−0.310	2.13	41	331.4	−4.738	2.12

1) 盐度单位是 1g kg^{-1}；$\rho_m = 1 + 10^{-4}\Delta_m = 1gcm^{-3}$；$Dtm/S$单位是0.1℃ $(gkg^{-1})^{-1}$。

摘自：Dorsey, N.E. (1940). *Properties of Ordinary Water-Substance*, Reinhold Book Corp., New York.

海水主要组分的溶液密度

NaCl与Na_2SO_4混合溶液的密度（g cm^{-3}）

t (℃)	NaCl (mol) 0.1			1.0			2.5		
	Na_2SO_4 (mol)								
	0.01	0.05	0.15	0.01	0.05	0.15	0.01	0.05	0.15
25	1.0024	1.0072	1.0196	1.0372	1.0419	1.0532	1.0894	1.0942	1.1046
45	0.9954	1.0000	1.0120	1.0292	1.0337	1.0449	1.0801	1.0849	1.0950
65	0.9856	0.9904	1.0024	1.0193	1.0236	1.0347	1.0695	1.0742	1.0843
75	0.9802	0.9848	0.9968	1.0136	1.0180	1.0292	1.0638	1.0684	1.0786
100	0.9641	0.9686	0.9803	0.9977	1.0021	1.0132	1.0478	1.0524	1.0627
125	0.9450	0.9496	0.9613	0.9791	0.9836	0.9949	1.0300	1.0344	1.0448
150	0.9237	0.9284	0.9402	0.9588	0.9633	0.9746	1.0107	1.0513	1.0257
175	0.8995	0.9045	0.9167	0.9363	0.9408	0.9522	0.9898	0.9944	1.0049

NaCl与$MgSO_4$混合溶液的密度（g cm^{-3}）

t (℃)	NaCl (mol) 0.1			1.0			2.5		
	$MgSO_4$ (mol)								
	0.00972	0.09722	0.29165	0.00972	0.09722	0.29165	0.00972	0.09722	0.29165
25	1.0022	1.0129	1.0360	1.0372	1.0474	1.0690	1.0961	1.0993	1.1195
45	1.9951	1.0058	1.0286	1.0290	1.0392	1.0608	1.0809	1.0900	1.1102
65	0.9855	0.9962	1.0189	1.0192	1.0291	1.0506	1.0702	1.0794	1.0995
75	0.9801	0.9906	1.0133	1.0136	1.0235	1.0450	1.0645	1.0737	1.0938
100	0.9639	0.9745	0.9975	0.9978	1.0078	1.0293	1.0488	1.0583	1.0778
125	0.9447	0.9554	0.9785	0.9792	0.9893	1.0110	1.0309	1.0405	1.0602
150	0.9233	0.9340	0.9572	0.9588	0.9690	0.9908	1.0116	1.0214	1.0412
175	0.8992	0.9101	0.9334	0.9363	0.9467	0.9686	0.9908	1.0007	1.0207

Na_2SO_4与$MgSO_4$混合溶液密度 (g cm^{-3})									
	NaSO$_4$ (mol)								
t (℃)	0.01			0.05			0.15		
	MgSO$_4$ (mol)								
	0.01	0.10	0.30	0.01	0.10	0.30	0.01	0.10	0.30
25	0.9994	1.0101	1.0336	1.0046	1.0150	1.0382	1.0170	1.0273	1.0506
45	0.9924	1.0031	1.0262	0.9975	1.0079	1.0307	1.0096	1.0199	1.0423
65	0.9829	0.9936	1.0164	0.9878	0.9982	1.0210	1.0000	1.0101	1.0322
75	0.9774	0.9880	1.0110	0.9821	0.9926	1.0154	0.9942	1.0043	1.0268
100	0.9611	0.9720	0.9949	0.9660	0.9767	0.9994	0.9782	0.9883	1.0106
125	0.9419	0.9528	0.9759	0.9467	0.9574	0.9802	0.9592	0.9693	0.9915
150	0.9205	0.9312	0.9544	0.9253	0.9360	0.9538	0.9379	0.9478	0.9703
175	0.8965	0.9071	0.9304	0.9011	0.9119	0.9348	0.9140	0.9241	0.9468

摘自：Fabuss, B. M., Korosi, A. and Huq, K. M. (1966). *J. Chem. Eng. Data*, 11, 325.

25°C时各种河水的相对密度〔(d－d°)×10^6〕

样品来源	g_T (ppm)	河 水	海 水	Δ (ppm)
北 美	147.8	118.3	111.8	6.5
南 美	75.1	51.7	57.0	－5.3
欧 洲	185.4	150.3	149.6	0.7
亚 洲	148.8	112.8	112.5	－0.3
非 洲	133.8	94.7	101.2	－6.5
澳大利亚	61.4	43.5	46.8	－3.3
世界各地	126.8	94.9	96.0	－1.1
				平 均±3.4

g_T (ppm) 代表溶解固体总浓度，它与盐度的关系为

$$g_T = 1.0048475\ (‰)$$

Δ表示各种河水的计算密度与在同一g_T值下由海水决定的密度之间的一致程度。

摘自：Riley, J. P. and Chester, R. (1978). *Chemical Oceanography*, Vol. 7. p. 399. 2nd Ed.

海水的蒸气压[1]

t(℃)	蒸气压（mbar）	t(℃)	蒸气压（mbar）
−2	5.19	16	17.85
−1	5.57	17	19.02
0	5.99	18	20.26
1	6.44	19	21.57
2	6.92	20	22.96
3	7.43	21	24.42
4	7.98	22	25.96
5	8.56	23	27.59
6	9.17	24	29.30
7	9.83	25	31.12
8	10.52	26	33.01
9	11.23	27	35.02
10	12.05	28	37.13
11	12.88	29	39.33
12	13.76	30	41.68
13	14.70	31	44.13
14	15.69	32	46.71
15	16.74		

1) S=35‰.

摘自：Sverdrup, H. U., Johnson, M. W. and Fleming, R. H. (1942). *The Oceans*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J..

海水的渗透压和蒸气压下降[1]

	Cl (‰)									
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
渗透压(atm)	15.54	16.85	18.19	19.55	20.91	22.28	23.363	25.06	26.47	27.83
蒸气压降低×100	1.139	1.237	1.334	1.433	1.532	1.631	1.732	1.832	1.936	2.039

1) 在25℃下.

摘自：Robinson, R. A. (1954). *J. Mar. Biol. Ass. U. K.* 33, 449.

海水的蒸气压和渗透压（25°C）

Cl(‰)	R[1]	NaCl	KCl	CaCl$_2$	MgCl$_2$	MgSO$_4$	Na$_2$SO$_4$	蔗　糖	尿　素	蒸气压下降	渗透压 atm
10	0.02861	0.2861	0.2908	0.2039	0.2005	0.5056	0.2374	0.5065	0.5400	0.00946	12.87
11	0.02869	0.3156	0.3211	0.2240	0.2199	0.5597	0.2643	0.5560	0.5965	0.01042	14.19
12	0.02877	0.3452	0.3516	0.2441	0.2393	0.6138	0.2918	0.6053	0.6534	0.01139	15.51
13	0.02885	0.3751	0.3825	0.2642	0.2588	0.6675	0.3196	0.6546	0.7112	0.01237	16.85
14	0.02893	0.4050	0.4134	0.2841	0.2780	0.7206	0.3477	0.7040	0.7695	0.01334	18.19
15	0.02901	0.4352	0.4447	0.3043	0.2975	0.7738	0.3762	0.7534	0.8285	0.01433	19.55
16	0.02908	0.4653	0.4760	0.3243	0.3166	0.8264	0.4051	0.8025	0.8880	0.01532	20.91
17	0.02916	0.4957	0.5077	0.3445	0.3356	0.8786	0.4347	0.8516	0.9482	0.01631	22.28
18	0.02924	0.5263	0.5397	0.3645	0.3546	0.9300	0.4648	0.9008	1.010	0.01732	23.66
19	0.02932	0.5571	0.5719	0.3845	0.3738	0.9803	0.4954	0.9497	1.071	0.01833	25.06
20	0.02940	0.5880	0.6043	0.4044	0.3929	1.028	0.5264	0.9982	1.133	0.01936	26.47
21	0.02948	0.6191	0.6370	0.4243	0.4122	1.076	0.5578	1.047	1.197	0.02039	27.89
22	0.02956	0.6503	0.6698	0.4440	0.4313	1.123	0.5896	1.095	1.260	0.02142	29.33

1）R为同效应的NaCl溶液的重量克分子浓度（mol）与氯度（Cl）的比值；表中同效应溶液的浓度以mol为单位．

摘自：Robinson, R. A. (1954). J. *Marine Biol Assoc. U. K.*, 33, 449.

海水的渗透系数[1]

T (K)	特殊相互作用模型		实验值	
	a	b	c	d
298	—	0.917	0.918	0.916
323	0.912	0.919	0.920	0.913
333	0.910	0.918	(0.915)[2]	0.919
348	0.907	0.915	0.917	0.917
373	0.900	0.906	0.903	0.908

a. 298K时的数据，只对ϕ_{EL}的变化作过校正.

b. 所列的数值经过b_{NaCl}变化的校正.

c. Gibbard和Scatchard (1972).

d. Stoughton和Lietzke (1965).

1) 离子强度为1*M*，温度范围为298—373°K。

2) 这一数据是在335.5K下测得的，与在同一离子强度下的其他数据比较显著偏低 (Gibbard and Scatchard, 1972).

摘自：Riley, J. P. and Skirrow, G. (1975). *Chemical Oceanography*. Vol. 1. p. 160, 2nd Ed.

海盐溶液的渗透压（单位：atm）

t(℃)	含盐 (wt%)								
	1.00	2.00	3.45[1]	5.00	7.50	10.00	15.00	20.00	25.00
25	7.11	14.29	25.15	37.49	59.30	83.97	144.93	228.59	348
40	7.42	14.93	26.34	39.35	62.41	88.53	152.81	239.86	362
60	7.80	15.70	27.74	41.51	65.98	94.68	161.53	252.06	376
80	8.13	16.37	28.94	43.32	68.69	97.82	168.27	261.17	386
100	8.42	16.94	29.92	44.79	71.17	100.97	173.16	267.47	393

1) 标准海水.

摘自：Stoughton, R. W. and Lietzke, M. H., *J. Chem. Eng. Data*. 12, 101.

不同温度下海水的沸点上升[1]

t(℃)	30	40	50	60	70	80	90	100
蒸气压(atm)	0.042	0.073	0.122	0.197	0.309	0.469	0.694	1.003
沸点上升(℃)	0.325	0.350	0.377	0.405	0.433	0.463	0.493	0.524
温　度(℃)	120	140	160	180	200	220	240	260
蒸气压(atm)	1.965	3.577	6.119	9.931	15.407	22.99	33.18	46.52
沸点上升(℃)	0.590	0.660	0.735	0.817	0.906	1.003	1.111	1.232

1) $S=35.00‰$.

摘自：Stoughton, R. W. and Lietzke, M. H. (1967). *J. Chem. Eng. Data*, 12, 101.

海水的冰点[1]

S (‰)	t_f (℃)	S (‰)	t_f (℃)	S (‰)	t_f (℃)
5	−0.275	17	−0.918	29	−1.582
6	−0.328	18	−0.973	30	−1.638
7	−0.381	19	−1.028	31	−1.695
8	−0.434	20	−1.082	32	−1.751
9	−0.487	21	−1.137	33	−1.808
10	−0.541	22	−1.192	34	−1.865
11	−0.594	23	−1.248	35	−1.922
12	−0.648	24	−1.303	36	−1.979
13	−0.702	25	−1.359	37	−2.036
14	−0.756	26	−1.414	38	−2.094
15	−0.810	27	−1.470	39	−2.151
16	−0.864	28	−1.526	40	−2.209

1) 在大气压力下现场压力下的冰点由下式给出（z是深度（米））。

t_f（℃）$=-0.0137-0.051990S‰-0.00007225(S‰)^2-0.000758z$

摘自：Doherty, B. T. and Kester, D. R. (1974), *J. Mar. Res.*, 32, 285.

在不同温度和盐度下，压力为1000db时，海水体积减少的百分数

S (‰)	t (°C)			
	0	10	20	30
0	0.500	0.470	0.451	0.440
10	0.486	0.459	0.442	0.432
20	0.474	0.448	0.432	0.423
30	0.462	0.438	0.424	0.415
35	0.457	0.433	0.419	0.411
40	0.450	0.428	0.415	0.407

摘自：Cox, R.A. (1965). In *Chemical Oceanography* (J.P. Riley and G.Skirrow, eds), Vol. I. Academic Press, London.

在不同压力下海水的比重和体积减少的百分数[1)]

p(db.)	比　重	体积的减少 (%)
0	1.02813	0.000
100	1.02860	0.046
200	1.02908	0.083
500	1.03050	0.231
1,000	1.03285	0.460
2,000	1.03747	0.909
3,000	1.04199	1.349
4,000	1.04640	1.778
5,000	1.05071	2.197
6,000	1.05494	2.609
7,000	1.05908	3.011
8,000	1.06314	3.406
9,000	1.06713	3.794
10,000	1.07104	4.175

1) 海水$S=35‰$，$t=0℃$。

摘自：Cox, R.A. (1965). In *Chemical Oceanography*, (J. P. Riley and G Skirrow, eds), Vol. I. Academic Press, London.

海水中的声速1)

p(db)	t(℃)						
	0	5	10	15	20	25	30
0	1449.3	1471.0	1490.4	1507.4	1522.1	1534.8	1545.8
1000	1465.8	1487.4	1506.7	1523.7	1538.5	1551.3	1562.5
2000	1482.4	1504.0	1523.2	1540.2	1555.0	1567.9	1579.2
3000	1499.4	1520.7	1538.6	1555.6			
4000	1516.5	1537.7	1555.2	1572.2			
5000	1533.9	1554.8	1571.9	1588.9			
6000	1551.5	1572.1					
7000	1569.3						
8000	1587.3						
9000	1305.4						
10 000	1623.5						

1) 声速单位为ms^{-1}，大气压力为db、S为35‰.
摘自：Bark, L. S., Ganson, P.P. and Meister, N.A. (1964). *Tables of the Velocity of Sound in Sea Water*. Pergamon, Oxford.

盐度对声速的影响1)

S (‰)	t (°C)						
	0	5	10	15	20	25	30
30	−7.0	−6.7	−6.5	−6.2	−5.9	−5.6	−5.3
32	−4.2	−4.0	−3.9	−3.7	−3.5	−3.4	−3.2
33	−2.8	−2.7	−2.6	−2.5	−2.4	−2.2	−2.1
34	−1.4	−1.3	−1.3	−1.2	−1.2	−1.1	−1.1
35	0	0	0	0	0	0	0
36	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1
37	2.8	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.1
38	4.2	4.1	3.9	3.7	3.6	3.4	3.2
40	7.0	6.8	6.5	6.2	6.0	5.7	5.3

1) 对于除35‰之外的盐度，校正可应用“海水中的声速”表中的数值.
摘自：Riley, J. P. and Skirrow, G., (1975) *Chemical Oceanography*. Vol.1. P.612, 2nd Ed.

海水中的光速[1]

S(‰)	t (℃)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	224.732	224.749	224.783	224.837	224.904	224.985	225.080	225.185	225.305
2.5	224.650	224.668	224.705	224.759	224.827	224.909	225.004	225.110	225.230
5.0	224.567	224.588	224.626	224.681	224.749	224.832	224.928	225.035	225.156
7.5	224.485	224.507	224.547	224.603	224.672	224.756	224.852	224.960	225.081
10.0	224.402	224.426	224.468	224.524	224.595	224.679	224.776	224.885	225.006
12.5	224.319	224.346	224.388	224.446	224.518	224.603	224.700	224.810	224.931
15.0	224.236	224.265	224.309	224.368	224.441	224.527	224.625	224.735	224.857
17.5	224.154	224.185	224.230	224.290	224.364	224.450	224.549	224.660	224.782
20.0	224.072	224.104	224.151	224.212	224.287	224.374	224.473	224.585	224.707
22.5	223.990	224.024	224.072	224.134	224.210	224.297	224.398	224.510	224.633
25.0	223.907	223.943	223.994	224.057	224.133	224.221	224.322	224.435	224.559
27.5	223.825	223.863	223.915	223.979	224.056	224.145	224.247	224.360	224.485
30.0	223.743	223.783	223.836	223.901	223.979	224.069	224.171	224.285	224.411
32.5	223.661	223.703	223.758	223.823	223.903	223.993	224.096	224.211	224.336
35.0	223.579	223.623	223.679	223.746	223.826	223.917	224.020	224.136	224.262
37.5	223.498	223.543	223.600	223.669	223.749	223.841	223.945	224.061	224.188
40.0	223.416	223.463	223.521	223.591	223.673	223.765	223.870	223.986	224.114

1) λ=589.3nm；在1 atm下，单位（km s^{-1}）。

摘自：Sager，G.（1974），*Beitr. Meeresk.*，**33**，68.

海水的绝对折射率与温度、压力和波长的关系[1]

p	t (℃)						
	0.03	5.03	10.03	15.02	20.00	24.99	29.98
			6328Å				
atm	1.34015	1.33977	1.33935	1.33899	1.33850	1.33795	1.33737
$352kgcm^{-2}$	1.34539	1.34487	1.34431	1.34388	1.34331	1.34270	1.34207
$703kgcm^{-2}$	1.35025	1.34962	1.34896	1.34844	1.34780	1.34713	1.34647
$1055kgcm^{-2}$	1.35481	1.35403	1.35380	1.35269	1.35200	1.35129	1.35059
$1406kgcm^{-2}$	—	1.35813	1.35738	1.35668	1.35592	1.35519	1.35443
			5017Å				
atm	1.34455	1.34455	1.34422	1.34379	1.34327	1.34272	1.34215
$352kgcm^{-2}$	1.35008	1.34969	1.34924	1.34873	1.34813	1.34757	1.34694
$703kgcm^{-2}$	1.35507	1.35450	1.35394	1.35333	1.35269	1.35208	1.35137
$1055kgcm^{-2}$	1.35953	1.35891	1.35834	1.35764	1.35695	1.35632	1.35561
$1406kgcm^{-2}$	—	1.36314	1.36241	1.36166	1.36095	1.36019	1.35946

1) 海水S=35.00‰.

摘自：Stanley, E.M. (1971). *Deep-Sea Res.* 18, 833.

在不同盐度下海水折射率的差值[1)]

t (℃)	S (‰) 0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
0	3402	3441	3481	3520	3559	3598	3637	3677	3716	3755	3794
1	3400	3439	3478	3517	3556	3595	3634	3674	3713	3752	3791
2	3398	3437	3476	3515	3553	3592	3631	3670	3709	3748	3787
3	3395	3434	3473	3511	3550	3589	3628	3666	3705	3744	3783
4	3392	3431	3469	3508	3547	3585	3624	3662	3701	3740	3778
5	3389	3427	3466	3504	3543	3581	3620	3658	3697	3735	3773
6	3385	3424	3462	3500	3538	3577	3615	3653	3692	3730	3768
7	3381	3419	3458	3496	3534	3572	3610	3648	3687	3725	3763
8	3377	3415	3453	3491	3529	3567	3605	3643	3681	3719	3757
9	3372	3410	3448	3486	3524	3562	3600	3638	3675	3713	3751
10	3367	3405	3443	3518	3518	3556	3594	3632	3669	3707	3745
11	3362	3399	3437	3475	3512	3550	3588	3625	3663	3701	3738
12	3356	3394	3431	3469	3506	3544	3581	3619	3656	3694	3732
13	3350	3387	3425	3462	3500	3537	3575	3612	3649	3687	3724
14	3344	3381	3418	3456	3493	3530	3568	3605	3642	3679	3717
15	3337	3374	3411	3449	3485	3523	3560	3597	3635	3672	3709

续 表

t (℃)	S (‰) 0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
16	3330	3367	3404	3441	3478	3515	3552	3590	3627	3664	3701
17	3323	3360	3397	3434	3470	3507	3544	3581	3618	3655	3692
18	3315	3352	3389	3425	3462	3499	3536	3573	3610	3647	3684
19	3307	3344	3380	3417	3454	3491	3527	3564	3601	3638	3675
20	3298	3335	3372	3408	3445	3482	3518	3555	3592	3629	3665
21	3290	3326	3363	3399	3436	3473	3509	3546	3582	3619	3656
22	3281	3317	3354	3390	3427	3463	3500	3536	3573	3609	3646
23	3271	3308	3344	3380	3417	3453	3490	3526	3562	3599	3635
24	3261	3298	3334	3370	3407	3443	3479	3516	3552	3588	3625
25	3251	3288	3324	3360	3396	3433	3469	3505	3541	3578	3614
26	3241	3277	3331	3349	3386	3422	3358	3494	3530	3566	3603
27	3230	3266	3302	3338	3375	3411	3447	3483	3519	3555	3591
28	3219	3255	3291	3327	3363	3399	3435	3471	3507	3543	3579
29	3208	3244	3279	3315	3351	3387	3423	3459	3495	3531	3567
30	3196	3232	3268	3303	3339	3375	3411	3447	3483	3319	3555

续 表

t (℃)	S (‰) 22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
0	3833	3873	3912	3951	3990	4029	4069	4108	4147	4186
1	3830	3869	3908	3947	3986	4025	4064	4103	4142	4181
2	3826	3865	3904	3942	3981	4020	4059	4098	4137	4176
3	3821	3860	3899	3938	3976	4015	4054	4093	4131	4170
4	3817	3855	3894	3933	3971	4010	4048	4087	4126	4164
5	3812	3850	3889	3927	3966	4004	4043	4081	4120	4158
6	3807	3845	3883	3922	3960	3998	4037	4075	4113	4152
7	3801	3839	3878	3916	3954	3992	4030	4068	4107	4145
8	3795	3833	3871	3909	3948	3986	4024	4062	4100	4138
9	3789	3827	3865	3903	3941	3979	4017	4055	4093	4130
10	3783	3821	3858	3896	3934	3972	4010	4047	4085	4123
11	3776	3814	3851	3889	3927	3964	4002	4040	4077	4115
12	3769	3807	3844	3882	3919	3957	3994	4032	4069	4107
13	3762	3799	3837	3874	3911	3949	3986	4024	4061	4098
14	3754	3791	3829	3866	3903	3941	3978	4015	4053	4090
15	3746	3783	3821	3858	3895	3932	3969	4006	4044	4081

续 表

t (℃)	S (‰) 22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
16	3738	3775	3812	3849	3886	3923	3960	3997	4035	4072
17	3729	3766	3803	3840	3877	3914	3951	3988	4025	4062
18	3720	3757	3794	3831	3868	3905	3942	3979	4016	4052
19	3711	3748	3785	3822	3858	3895	3932	3969	4006	4042
20	3702	3739	3775	3812	3849	3885	3922	3960	3995	4032
21	3692	3729	3765	3802	3838	3875	3912	3948	3985	4021
22	3682	3718	3755	3792	3828	3865	3901	3938	3974	4011
23	3672	3708	3745	3781	3817	3854	3890	3927	3963	3999
24	3661	3697	3734	3770	3806	3843	3879	3915	3952	3988
25	3650	3686	3723	3759	3795	3831	3868	3904	3940	3976
26	3639	3675	3711	3747	3783	3820	3856	3892	3928	3964
27	3627	3663	3699	3736	3772	3808	3844	3880	3916	3952
28	3615	3651	3687	3723	3759	3796	3832	3868	3904	3940
29	3603	3639	3675	3711	3747	3783	3819	3855	3891	3927
30	3591	3627	3662	3698	3734	3770	3806	3842	3878	3914

1) $\Delta n = (n-1.30000) \times 10^5$; $\alpha = 589.3$ nm.

摘自，Matthäus, W. (1974). *Beitr. Meeresk.* 33, 73.

在不同波长下海水折射率的差值[1)]

t	λ (nm)														
(℃)	404.7	435.8	457.9	467.8	480.0	488.0	501.7	508.5	514.5	546.1	577.0	579.1	589.3	632.8	643.8
0	5099	4840	4684	4621	4549	4504	4433	4400	4372	4240	4130	4124	4091	3961	3929
1	5094	4835	4679	4616	4544	4500	4428	4395	4367	4235	4126	4119	4086	3956	3925
2	5089	4830	4674	4611	4529	4495	4423	4390	4362	4230	4121	4114	4081	3951	3920
3	5084	4825	4669	4606	4534	4489	4418	4385	4357	4225	4115	4109	4076	3946	3914
4	5078	4819	4664	4601	4528	4484	4412	4379	4351	4219	4110	4103	4070	3941	3909
5	5072	4814	4658	4595	4522	4478	4407	4374	4345	4213	4104	4097	4065	3935	3903
6	5066	4807	4552	4589	4516	4472	4400	4367	4339	4207	4098	4091	4058	3929	3897
7	5060	4801	4045	4582	4510	4465	4394	4361	4333	4201	4091	4085	4052	3922	3890
8	5053	4794	4639	4576	4503	4459	4387	4354	4326	4194	4085	4078	4045	3916	3884
9	5046	4787	4632	4569	4496	4452	4380	4347	4319	4187	4078	4071	4038	3909	3877
10	5039	4780	4624	4561	4489	4444	4373	4340	4312	4180	4071	4064	4031	3901	3869
11	5031	4773	4617	4554	4481	4437	4366	4332	4304	4172	4063	4056	4023	3894	3862
12	5023	4765	4609	4546	4473	4429	4358	4325	4297	4164	4055	4048	4016	3886	3854
13	5015	4757	4601	4538	4465	4421	4350	4317	4288	4156	4047	4040	4008	3878	3846
14	5007	4748	4592	4529	4457	4412	4341	4308	4380	4148	4039	4032	3999	3869	3837
15	4998	4740	4584	4521	4448	4404	4333	4300	4271	4139	4030	4023	3991	3861	3829

t (℃)	λ (nm) 404.7	435.8	457.9	467.8	480.0	488.0	501.7	508.5	514.5	546.1	577.0	579.1	589.3	632.8	643.8
16	4989	4731	4575	4512	4439	4395	4324	4291	4262	4130	4021	4014	3982	3852	3821
17	4980	4721	4566	4503	4430	4386	4314	4281	4253	4121	4012	4005	3972	3843	3811
18	4971	4712	4556	4493	4421	4376	4305	4272	4244	4111	4002	3995	3963	3833	3801
19	4961	4702	4546	4483	4411	4366	4295	4262	4234	4102	3993	3986	3953	3823	3791
20	4951	4692	4536	4473	4401	4356	4385	4252	4224	4092	3982	3976	3943	3813	3781
21	4940	4682	4526	4463	4390	4346	4275	4242	4214	4081	3972	3965	3933	3803	3771
22	4930	4671	4515	4452	4380	4335	4264	4231	4203	4071	3961	3955	3922	3792	3760
23	4919	4660	4504	4441	4369	4324	4253	4220	4192	4060	3951	3944	3911	3781	3749
24	4908	4649	4493	4430	4358	4313	4242	4209	4181	4048	3939	3932	3900	3770	3738
25	4896	4637	4482	4419	4346	4302	4230	4197	4169	4067	3928	3921	3888	3759	3727
26	4884	4626	4470	4407	4334	4290	4219	4186	4157	4025	3916	3909	3877	3747	3715
27	3872	4614	4458	4395	4322	4278	4207	4174	4145	4013	3904	3897	3865	3735	3703
28	4860	4601	4445	4382	4310	4285	4194	4161	4133	4001	3892	3885	3852	3722	3690
29	4847	4589	4433	4370	4297	4253	4182	4149	4120	3088	3879	3872	3840	3710	3678
30	4834	4576	4420	4357	4284	4240	4169	4136	4108	3975	3866	3859	3827	3697	3685

1) 海水S=35.00‰，$\Delta n=(n-1.30000)\times 10^5$.

摘自，Matthäus，W.（1974）.*Beitr.Meeresk*.33,73.

海水的折光系数校正值[1)]

S (‰)	t (°C)				
	0	10	20	30	40
20	4001	3814	3697	3621	3571
25	4989	4759	4617	4524	4463
30	5977	5708	5538	5429	5357
35	6966	6657	6463	6337	6254
40	7956	7610	7391	7250	7157

1) $C=10^6(n_s-n_0)$, n_s: 海水的折光系数，n_0纯水的的折光系数，C: 校正因子.

摘自: Horne, R.A. (1969). *Marine Chomisiry*, p.331;

纯水的折光系数

λ	t (℃)			
	10	20	30	40
	n_0			
0.70652	1.330704	1.330019	1.328993	1.327685
0.66781	1567	0876	9843	8528
0.65628	1843	1151	1.330116	8798
0.58926	3690	2988	1940	1.330610
0.58756	3744	3041	1993	0662
0.57696	4065	3380	2331	0998
0.54607	5176	4466	3411	2071
0.50157	7070	6353	5289	3939
0.48613	7842	7123	6055	4702
0.47131	8653	7931	6860	5504
0.44715	1.340149	9423	8347	6984
0.43583	0938	1.340210	9131	7764
0.40466	3476	2742	1.341656	1.340280

摘自: Dorsey, N. E. (1940). *Propertise of Ordinary Water-Substance*, Reinhold Pub.

海冰的性质

A. 海冰的密度

空气含量 (V%)	S (‰)			
	0	10	20	30
0	0.918	0.925	0.934	0.942
3	0.890	0.898	0.906	0.914
6	0.863	0.87[illegible]	0.8[illegible]	0.887
9	0.835	0.843	0.851	0.859

B. 海冰的比热

S (‰)	t (℃)										
	−2	−4	−6	−8	−10	−12	−14	−16	−18	−20	−22
0	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.46
2	2.47	1.00	0.73	0.63	0.57	0.55	0.54	0.53	0.53	0.52	0.52
4	4.63	1.50	0.96	0.76	0.64	0.59	0.57	0.57	0.56	0.55	0.54
6	0.70	1.99	1.20	0.88	0.71	0.64	0.61	0.60	0.58	0.57	0.56
8	8.76	2.49	1.43	1.01	0.78	0.68	0.64	0.64	0.61	0.60	0.58
10	10.83	2.99	1.66	1.14	0.85	0.73	0.68	0.67	0.64	0.62	0.60
15	16.01	4.24	2.24	1.46	1.02	0.85	0.77	0.76	0.71	0.68	0.65

C. 海冰的融化潜热

t (℃)	S (‰)						
	0	2	4	6	8	10	15
−1	80	72	63	55	46	37	16
−2	81	77	72	68	63	59	48

续 表

S (‰)	t (℃)										
	−2	−4	−6	−8	−10	−12	−14	−16	−18	−20	−22
2	−22.10	−4.12	−1.06	0.16	0.83	1.13	1.23	1.27	1.33	1.38	1.44
4	−45.89	−9.92	−3.81	−1.37	−0.02	0.57	0.78	0.85	0.96	1.07	1.88
6	−69.67	−15.73	−6.55	−2.90	−0.83	0.00	0.33	0.43	0.60	0.76	0.93
8	−93.46	−21.53	−9.30	−4.42	−1.73	−0.57	−0.13	0.02	0.23	0.54	0.67
10	−117.25	−27.34	−12.05	−5.95	−2.59	−1.13	−0.59	−0.40	−0.13	0.14	0.42
15	−176.72	−41.85	−18.92	−9.78	−4.73	−2.54	−1.72	−1.45	−1.04	−0.63	−0.22

D. 海冰的热膨胀系数〔单位：10^{-4} (℃) $^{-1}$〕

摘自：Horne, R. A. (1969). Marine Chemistry, p. 523.

冰的某些性质

分子量	18.0154
生成热	−292.72kJmol^{-1} (0℃和1 atm)
晶格参数	a=4.535Å, c=7.14Å (六方晶系)
杨氏弹性模量	967kgmm^{-2} (−10℃和1 atm)
密度	0.9168gml^{-1} (0℃和1 atm)
体积膨胀系数	$120\times10^{-6}cm^3g^{-1}$ (℃) $^{-1}$ (0℃和1 atm)
线膨胀系数	52.7×10^{-6} (℃) $^{-1}$(0℃和1 atm)
恒温压缩系数	$12\times10^{-6}bar^{-1}$ (0℃和300bar条件下)
比热	2.06Jg^{-1} (℃)$^{-1}$ (0℃和1 atm)
导热系数	2mWcm^{-1} (℃)$^{-1}$
介电常数	79 (−1℃、1 atm和300rpm)

摘自：Dorsey, N. E. (1940). *Properties of Ordinary Water Substance*, Reinhold Pub. Corp., New York.

海冰和其他冰中的气体含量

A．冰样中空气的分析结果

冰样	冰密度 (g cm⁻³)	气体量 (cm^3 kg^{-1}, 标准状态下)	气体压力 (bar)	气体组成			
				N_2	O_2	Ar	CO_2
冰山冰							
1	0.906	25.2	1.9	77.7	21.3	0.94	0.084
2	0.880	51.9	1.1	77.9	21.2	0.93	0.031
3	0.894	29.2	1.0	78.0	21.0	0.93	0.098
4	0.877	34.6	0.7	78.3	20.8	0.93	0.04
5	0.885	75.4	1.8	78.1	20.9	0.93	0.10
6	0.891	67.1	2.2	78.3	20.7	0.93	0.08
7		40.8		77.9	21.2	0.93	0.030
冰川冰							
1	0.886	36.0	0.9	78.3	20.7	0.93	0.028
2	0.913	15.8	3.3	73.2	25.3	1.22	0.29
海　冰							
1	0.909	8.9	0.9	76.8	21.3	0.93	0.98
2	0.915	2.2	0.9	54.2	20.6	0.99	24.3
3	—	21.2	—	69.3	29.0	1.1	0.53
4	—	19.8	—	71.4	26.5	1.1	1.0
5	—	10.7	—	69.5	29.0	0.97	0.60
6	—	16.4	—	67.7	31.0	0.94	0.41
7	—	15.7	—	74.3	23.8	1.1	0.84
8	—	19.9	—	72.5	25.4	1.1	0.93
池塘冰							
1	0.916	1.0	1.0	52.2	22.0	1.0	24.8

B、不同冰样中各种气体组分的含量比值

冰样	总气体含量 ($cm^3\ kg^{-1}$, 标准状况下)	气体的滞留比值 (%)	N_2/Ar	N_2/O_2	N_2/CO_2	Cl^- (ppm)
海 冰						
1	8.9	38.5	82.6	3.61	78.4	8.3
2	2.2	9.5	54.7	2.64	2.23	16.4
3	21.2	91.8	62.4	2.39	131	1 865
4	19.8	85.7	63.2	2.60	71.4	328
5	10.7	46.3	71.7	2.40	116	
6	16.4	71.0	72.0	2.18	165	1 809
7	15.7	68.0	67.5	3.12	88.5	1 880
8	19.9	86.1	65.9	2.85	78.0	2 800
池塘冰	1.0	3.3	51.2	2.37	2.1	
0℃的蒸馏水	29.9	100	37.9	1.80	(42)	
S为34.5‰的海水0℃	23.1	100	37.5	1.81	(30)	19 100
大 气			84.0	3.73	2400	

摘自：Matsuo, S. and Miyake, Y. (1966). *J. Geophys. Res.*, 71, 6235.

海 水 组 成

海水中化学元素的丰度及其停留时间的估算值

元素	化学存在形式	总浓度 (M)	总浓度 ($\mu g l^{-1}$)	停留时间(a) Barth	停留时间(a) Goldberg和Arrhenius	停留时间(a) 最近的估算值
H	H_2O	55	1.1×10^8	—	—	—
He	He (气体)	1.7×10^{-9}	6.8×10^{-3}	—	—	—
Li	Li^+	2.6×10^{-5}	180	1.2×10^7	1.9×10^7	2.3×10^6
Be	$BeOH^+$	6.3×10^{-10}	5.6×10^{-3}	—	—	—
B	$B(OH)_3$, $B(OH)_4$	4.1×10^{-4}	4440	—	—	1.3×10^7
C	HCO_3^-, CO_3^{2-}, CO_2	2.3×10^{-3}	2.8×10^4	—	—	—
N	N_2, NO_3^- NO_2^- NH_4^+	1.07×10^{-2}	1.5×10^4	—	—	—
O	H_2O, O_2	55	8.8×10^8	—	—	—
F	F^-, MgF^+	6.8×10^{-5}	1.3×10^3	—	—	5.2×10^5
Ne	Ne (气体)	7×10^{-9}	1.2×10^{-1}	—	—	—
Na	Na^+	4.68×10^{-1}	10.77×10^6	2.1×10^8	2.6×10^8	6.8×10^7
Mg	Mg^{2+}	5.32×10^{-2}	12.9×10^5	2.2×10^7	4.5×10^7	1.2×10^7
Al	$Al(OH)_4^-$	7.4×10^{-8}	2	3.1×10^3	1×10^2	1.0×10^2
Si	$Si(OH)_4$	7.1×10^{-5}	2×10^3	3.5×10^4	1×10^4	1.8×10^4
P	HPO_4^{2-}, PO_4^{3-}, $H_2PO_4^-$	2×10^{-6}	60	—	—	1.8×10^5

续 表

元 素	化学存在形式	总浓度 (M)	总浓度 ($\mu g l^{-1}$)	停留时间(a) Barth	停留时间(a) Goldberg和Arrhenius	停留时间(a) 最近的估算值
S	SO_4^{2-}, $NaSO_4^-$	2.82×10^{-2}	9.05×10^5	—	—	—
Cl	Cl^-	5.46×10^{-1}	18.8×10^6	—	—	1×10^8
Ar	Ar (气体)	1.1×10^{-7}	4.3×10^2	—	—	—
K	K^+	1.02×10^{-2}	3.8×10^5	1.1×10^7	1.1×10^7	7×10^6
Ca	Ca^{2+}	1.02×10^{-2}	4.12×10^5	1×10^6	8×10^6	1×10^6
Sc	$Sc(OH)_3^0$	1.3×10^{-11}	6×10^{-4}	—	—	4×10^4
Ti	$Ti(OH)_4^0$	2×10^{-8}	1	—	—	1.3×10^4
V	$H_2VO_4^-$, HVO_4^{2-}	5×10^{-8}	2.5	—	—	8×10^4
Cr	$Cr(OH)_3$, CrO_4^{2-}	5.7×10^{-9}	0.3	—	—	6×10^3
Mn	Mn^{2+}, $MnCl^+$	3.6×10^{-9}	0.2	—	—	1×10^4
Fe	$Fe(OH)_2^+$, $Fe(OH)_4^-$	3.5×10^{-8}	2	—	—	2×10^2
Co	Co^{2+}	8×10^{-10}	0.05	—	—	3×10^4
Ni	Ni^{2+}	2.8×10^{-8}	1.7	1.5×10^4	1.8×10^4	9×10^4
Cu	$CuCO_3^0$, $CuOH^+$	8×10^{-9}	0.5	4.3×10^4	5×10^4	2×10^4
Zn	$ZnOH^+$, Zn^{2+} $ZnCO_3^0$	7.6×10^{-8}	4.9	—	—	2×10^4
Ga	$Ga(OH)_4^-$	4.3×10^{-10}	0.03	—	—	1×10^4
Ge	$Ge(OH)_4$	6.9×10^{-10}	0.05	—	—	—

续表

元素	化学存在形式	总浓度		停留时间(a)		
		(*M*)	($\mu g l^{-1}$)	Barth	Goldberg和Arrhenius	最近的估算值
As	$HAsO_4^{2-}$, $H_2AsO_4^-$	5×10^{-8}	3.7	—	—	5×10^{4}
Se	SeO_3^{2-}	2.5×10^{-9}	0.2	—	—	2×10^{4}
Br	Br^-	8.4×10^{-4}	6.7×10^{4}	—	—	1×10^{8}
Kr	Kr (气体)	2.4×10^{-9}	0.2	—	—	—
Rb	Rb^+	1.4×10^{-6}	120	6.1×10^{6}	2.7×10^{5}	4×10^{6}
Sr	Sr^{2+}	9.1×10^{-5}	8×10^{4}	1×10^{7}	1.9×10^{7}	4×10^{6}
Y	$Y(OH)_3^0$	1.5×10^{-11}	1.3×10^{-3}	—	—	—
Zr	$Zr(OH)_4^0$	3.3×10^{-10}	3×10^{-2}	—	—	—
Nb		1×10^{-10}	1×10^{-2}	—	—	—
Mo	MoO_4^{2-}	1×10^{-7}	10	2.1×10^{6}	5×10^{5}	2×10^{5}
Tc				—	—	—
Ru				—	—	—
Rh				—	—	—
Pd				—	—	—
Ag	$AgCl_2^-$	4×10^{-10}	0.04	2.5×10^{5}	2.1×10^{6}	4×10^{4}
Cd	$CdCl_2^0$	1×10^{-9}	0.1	—	—	—
In	$In(OH)_2^+$	0.8×10^{-12}	1×10^{-4}	—	—	—
Sn	$SnO(OH)_3^-$	8.4×10^{-11}	1×10^{-2}	—	—	—

续 表

元 素	化学存在形式	总浓度		停留时间(a)		
		(M)	$(\mu g l^{-1})$	Barth	Goldberg和Arrhenius	最近的估算值
Sb	$Sb(OH)_6^-$	2×10^{-9}	0.24	—	—	7×10^{3}
Te	$HTeO_3^-$			—	—	—
I	IO_3^-, I^-	5×10^{-7}	60	—	—	4×10^{5}
Xe	Xe(气体)	3.8×10^{-10}	5×10^{-2}	—	—	—
Cs	Cs^+	3×10^{-9}	0.4	—	—	6×10^{5}
Ba	Ba^{2+}	1.5×10^{-7}	20	5×10^{4}	8.4×10^{4}	4×10^{4}
La	$La(OH)_3^0$	1.5×10^{-11}	3×10^{-3}	—	—	6×10^{2}
Ce	$Ce(OH)_3^0$	1×10^{-10}	1×10^{-3}	—	—	—
Pr	$Pr(OH)_3^0$	4×10^{-12}	6×10^{-4}	—	—	—
Nd	$Nd(OH)_3^0$	1.9×10^{-11}	3×10^{-3}	—	—	—
Pm	$Pm(OH)_3^0$			—	—	—
Sm	$Sm(OH)_3^0$	3×10^{-12}	0.5×10^{-4}	—	—	—
Eu	$Eu(OH)_3^0$	9×10^{-13}	0.1×10^{-4}	—	—	—
Gd	$Gd(OH)_3^0$	4×10^{-12}	7×10^{-4}	—	—	—
Tb	$Tb(OH)_3^0$	9×10^{-13}	1×10^{-4}	—	—	—
Dy	$Dy(OH)_3^0$	6×10^{-12}	9×10^{-4}	—	—	—

续表

元素	化学存在形式	总浓度		停留时间(a)		
		(*M*)	($\mu g l^{-1}$)	Barth	Goldberg和Arrhenius	最近的估算值
Ho	$Ho(OH)_3^0$	1×10^{-12}	2×10^{-4}	—	—	—
Er	$Er(OH)_3^0$	4×10^{-12}	8×10^{-4}	—	—	—
Tm	$Tm(OH)_3^0$	8×10^{-13}	2×10^{-4}	—	—	—
Yb	$Yb(OH)_3^0$	5×10^{-12}	8×10^{-4}	—	—	—
Lu	$Lu(OH)_3^0$	9×10^{-13}	2×10^{-4}	—	—	—
Hf		4×10^{-11}	7×10^{-3}	—	—	—
Ta		1×10^{-11}	2×10^{-3}	—	—	—
W	WO_4^{2-}	5×10^{-10}	0.1	—	—	1.2×10^{5}
Re	ReO_4	2×10^{-11}	4×10^{-3}	—	—	—
Os				—	—	—
Ir				—	—	—
Pt				—	—	—
Au	$AuCl_2^-$	2×10^{-11}	4×10^{-3}	—	—	2×10^{5}
Hg	$HgCl_4^{2-}$, $HgCl_2^0$	1.5×10^{-10}	3×10^{-2}	—	—	8×10^{4}
Tl	Tl^+	5×10^{-11}	1×10^{-2}	—	—	—
Pb	$PbCO_3^0$, $Pb(CO_3)_2^{2-}$	2×10^{-10}	3×10^{-2}	5.6×10^{-2}	2×10^{3}	4×10^{2}

续 表

元 素	化学存在形式	总 浓 度		停 留 时 间 (a)		
		(M)	($\mu g l^{-1}$)	Barth	Goldberg和 Arrhenius	最近的估算值
Bi	BiO^+, $Bi(OH)_2^+$	$\times 10^{-10}$	2×10^{-2}	—	—	—
Po	PoO_3^{2-}, $PoO(OH)_6^{2}$(?)			—	—	—
At				—	—	—
Rn	Rn (气体)	2.7×10^{-21}	6×10^{-13}	—	—	—
Fr				—	—	—
Ra	Ra^{2+}	3×10^{-16}	7×10^{-8}	—	—	—
Ac				—	—	—
Th	$Th(OH)_4^0$	4×10^{-11}	1×10^{-2}	—	—	2×10^2
Pa		2×10^{-16}	5×10^{-8}	—	—	
U	$UO_2(CO_3)_2^{4-}$	1.4×10^{-8}	3.2	—	—	3×10^6

摘自：Riley, J. P. and Skirrow, G. (1975), *Chemical Oceanography*, Vol. 1, P. 417, 2nd Ed.

元素储库的大小和停留时间

元素	大洋 (g)	大洋 (mol)	大洋 t	沉积岩圈 (g)	沉积岩圈 (mol)	沉积岩圈 t
Na	162.38	7.06	193	345	15.00	288
K	5.85	0.15	8.1	507.13	12.97	
Mg	19.68	0.82	14.9	610.08	25.42	381
Ca	6.00	0.15	1.2	1986.40	49.66	351
Si	0.0392	0.0014	0.016	6160.84	220.03	450
Al	—	—	—	1527.66	56.58	604
Fe	—	—	—	961.52	17.17	481
Ti	—	—	—	66.95	1.39	515
S	13.44	0.42	22.4	157.12	4.91	242
Cl	288.40	8.24	300	209.45	5.90	218
$C_{无机}$	0.396	0.033	0.1	610.08	50.84	381
$C_{有机}$	0.007	0.00058	0.0025	125.04	10.42	417
	大气圈			生物圈		
$C_{无机}$	0.00648	0.00054	0.0026	—	—	—
$C_{有机}$	—	—	—	0.0504	0.0042	0.0144

1）单位为10^{20}g或mol，10^6年。

摘自：Garrels，R M. and Mackenzie，F. T.（1972），*Mar. Chem*. 1，27.

30亿年前的海水与现在海水的化学组分

	阳离子含量（%）				
	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Na^+	K^+	合计
推测30亿年前的海水化学组分	24 13	29 23	30 47	17 17	100 100
现在海水	10.7	3.2	83.1	3.0	100.0

摘自：堀部 純男等著.（1977）.海水の化学. p. 127. 第3刷発行.

海水中主要离子的浓度 (g kg^{-1})

S(‰)	Na^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	K^+	Sr^{2+}	B	Cl^-	SO_4^{2-}	Br^-	F^-	HCO_3^-
5	1.539	0.185	0.058	0.057	0.001	0.001	2.763	0.387	0.010	0.0002	0.020
10	3.078	0.370	0.118	0.114	0.002	0.001	5.527	0.775	0.019	0.0004	0.041
15	4.617	0.555	0.177	0.171	0.003	0.002	8.290	1.162	0.029	0.0005	0.061
20	6.156	0.739	0.235	0.228	0.005	0.003	11.054	1.550	0.038	0.0007	0.081
25	7.695	0.924	0.294	0.285	0.006	0.003	13.817	1.937	0.048	0.0009	0.101
30	9.234	1.109	0.353	0.342	0.007	0.004	16.581	2.325	0.058	0.0011	0.122
31	9.542	1.146	0.365	0.353	0.007	0.004	17.133	2.402	0.059	0.0011	0.126
32	9.850	1.183	0.377	0.365	0.007	0.004	17.685	2.480	0.062	0.0012	0.130
33	10.157	1.220	0.388	0.376	0.007	0.004	18.239	2.557	0.063	0.0012	0.134
34	10.465	1.257	0.400	0.388	0.008	0.004	18.791	2.635	0.065	0.0012	0.137
35	10.773	1.294	0.412	0.399	0.008	0.004	19.344	2.712	0.067	0.0013	0.142
36	11.081	1.331	0.424	0.410	0.008	0.005	19.897	2.789	0.069	0.0013	0.146
37	11.389	1.368	0.435	0.422	0.008	0.005	20.449	2.867	0.071	0.0013	0.150
38	11.696	1.405	0.447	0.433	0.009	0.005	21.002	2.944	0.073	0.0014	0.154
39	12.004	1.442	0.459	0.446	0.009	0.005	21.555	3.022	0.075	0.0014	0.158
40	12.312	1.479	0.471	0.456	0.009	0.005	22.107	3.099	0.077	0.0015	0.162
41	12.620	1.516	0.482	0.467	0.009	0.005	22.660	3.177	0.079	0.0015	0.166
42	12.928	1.553	0.494	0.479	0.009	0.005	23.213	3.254	0.081	0.0015	0.170

摘自：Riley, J. P. and Skirrow, G. (1975) .*Chemical Oceanography*. Vol. 1, p. 558, 2nd Ed.

海水中常量成分的存在形式分配

离　子	重量摩尔浓度 (mol)	自由离子 (%)	与硫酸根成离子对 %	与碳酸氢根成离子对 (%)	与碳酸根成离子对 (%)	
Ca^{2+}	0.0104	91	8	1	0.2	
Mg^{2+}	0.0540	87	11	1	0.3	
Na^{+}	0.4752	99	1.2	0.01	—	
K^{+}	0.0100	99	1	—	—	
			与Ca 成离子对 (%)	与Mg成离子对 (%)	与Na成离子对 (%)	与K成离子对 (%)
SO_4^{2-}	0.0284	54	3	21.5	21	0.5
HCO_3^{-}	0.00238	69	4	10	8	—
CO_3^{2-}	0.000269	9	7	67	17	—

摘自：Garrels, R. M., and Thompson, M. E.,(1962). *Am. J. Sci.*, 260, 57.

红海深水中的常量和微量元素组成

元　素	大西洋(Ⅱ)号 海渊热盐水	大西洋（Ⅱ）号 海渊中等浓度盐水	发现号 海渊盐水
Cl	156.03	80.06	155.3
Br	0.128	0.101	0.119
SO_4^{2-}	0.840	2.26	0.695
Si	0.0276	—	0.0035
Na	92.60	46.90	93.05
Ca	5.15	2.47	5.12
K	1.87	1.07	2.14
Mg	0.764	—	0.810
Sr	4.8×10^{-2}	2.7×10^{-2}	0.046
Fe	8.1×10^{-2}	2×10^{-4}	2.7×10^{-4}
Mn	8.2×10^{-2}	8.2×10^{-2}	5.46×10^{-2}
Zn	5.4×10^{-3}	1.52×10^{-4}	7.7×10^{-4}
Cu	2.6×10^{-4}	1.72×10^{-5}	7.5×10^{-5}
Co	1.6×10^{-4}	8.0×10^{-7}	1.29×10^{-4}
Ni	—	1.2×10^{-6}	3.42×10^{-4}
Pb	6.3×10^{-4}	8.8×10^{-6}	1.65×10^{-4}

摘自：Riley, J. P. and Skirrow, G.(1975). *Chemical Oceanography*. Vol. 1, p. 481, 2nd Ed.

进入沿岸盆地的重金属通量

元　素	通　量	圣佩德罗	圣蒙尼卡	圣巴巴拉	索莱达	降雨量
				($\mu g cm^2 a^{-1}$)		
Pb	人为的	1.7	0.9	1.8		
	天然的	0.26	0.24	1.2	0.23	
	降　雨					1.3
Cr	人为的	3.1	2.6	2.2		
	天然的	2.8	2.1	10.7	4.6	
Zn	人为的	1.9	2.3	1.7		
	天然的	3.1	2.8	9.7		
	降　雨					2.8
Cu	人为的	1.4	1.1	1.1		
	天然的	1.2	1.0	2.6	1.4	
	降　雨					0.5

续　表

元　素	通　量	圣佩德罗	圣黎尼卡	圣巴巴拉	索莱达	降雨量
				($\mu g cm^{2} a^{-1}$)		
Ag	人为的	0.09	0.09	0.10		
	天然的	0.05	0.03	0.11		
V	人为的	1.5	2.6	7.8		
	天然的	3.5	3.4	13.6	4.6	
Cd	人为的			0.07		
	天然的			0.14		
Ni	天然的	1.6	1.3	4.1	2.3	
	降　雨					0.24
Co	天然的	0.33	0.26	1.0	0.17	
Mn	天然的	13.0	8.0	24.0	7.0	
	降　雨					0.36
Fe	天然的	1260.0	1200.0	3060.0	840.0	
Mo	人为的		0.82			
	天然的		0.08			

摘自：Bruland, K., Bertine, K., Koide, M. and Goldberg, E. D. (1974). *Environ. Sci. Tech.* 8, 425.

海水与河水的平均化学组成[1]

元　素	海水平均值 ($mol\ m^{-3}$)	河水平均值 ($mol\ m^{-3}$)	海水/河水
Na	500	0.10[2]	5000
K	10	0.05	200
Mg	50	0.05	1000
Ca	10	0.25	40
Cl	500	[3]	—
S	30	0.06	500
C	2	0.30[4]	7
N	3×10^{-2}	—	—
P	2×10^{-3}	$\approx4\times10^{-4}$	5
Si	0.2	0.04	5
U	1.5×10^{-5}	0.8×10^{-8}	20
Ba	1.0×10^{-4}	2×10^{-4}	0.5

1）曾对由海中吹掉的盐和经大气从海洋迁移到土壤的CO_2作过校正.
2）作过海盐校正.　3）由海盐所控制.　4）作过大气CO_2的校正.
摘自：Broecker, W. S. (1974). *Chemical Oceanography*. p. 185.

海水和河水中某些痕量元素的浓度

痕量元素	河水 ($\mu g l^{-1}$)	海水 ($\mu g l^{-1}$, $S=35‰$)
Si	4000	10^3
Al	400	5
Ti	3	<1
V	1	1.5
Cr	1	0.6
Mn	~5	2
Fe	670	3
Co	0.2	0.03
Ni	0.3	2
Cu	5	1
Zn	10	5
Ga	0.1	3×10^{-2}
As	~1	2.3
Sr	50	8.5×10^3
Ag	0.3	0.1
Sn	0.04	0.01
Hg	0.07	5×10^{-2}
Pb	3	3×10^{-2}

摘自：Riley, J. P. and Chester, R. (1976). *Chemical Oceanography*. Vol. 6. p. 332. 2nd Ed.

海水和河水中营养要素和主要离子的平均丰度[1)]

元 素	在河水中浓度 ($\mu g l^{-1}$)	在海水中浓度[2)] ($\mu g l^{-1}$)
Cl	8×10^3	1.987×10^7
S	3.7×10^3	9.28×10^5
Br	20	6.8×10^4
F	100	1.4×10^3
B	10	4.5×10^3
Na	9×10^3	11.05×10^6
Mg	4.1×10^3	1.326×10^6
Ca	1.5×10^3	4.22×10^5
K	2.3×10^3	4.16×10^5
Sr	50	8.5×10^3
N	2.5×10^2	500
P	20	70
Si	6.1×10^3 [3)]	1000

1) 数据引自Riley和Chester(1971).　　2) 盐度=35‰.

3) 数据引自Livingstone (1963).

摘自：Riley, J. P. and Chester, R. (1978). *Chemical Oceanography*. Vol. 7. p. 369. 2nd Ed.

河水中主要阳离子和阴离子的存在形式[1)]

阳离子	%M	%MSO_4	%$MHCO_3$	%MCO_3	%MOH
H^+	99.98	0.02	—	—	—
Na^+	99.83	0.05	0.12	—	—
Mg^{2+}	97.54	1.15	1.21	0.08	0.01
Ca^{2+}	96.89	1.45	1.32	0.33	0.01
K^+	99.92	0.08	—	—	—
阴离子	**%X**	**%NaX**	**%MgX**	**%CaX**	**%KX**
Cl^-	100.00	—	—	—	—
SO_4^{2-}	93.55	0.11	1.66	4.64	0.04
HCO_3^-	99.23	0.04	0.21	0.52	—
CO_3^{2-}	31.03	0.03	6.50	62.44	—
NO_3^-	99.93	0.01	—	0.06	—
OH^-	94.64	0.01	4.83	0.52	—
F^-	98.79	0.01	0.88	0.32	—

1) 数字引自Millero (1975b)，t为25℃。

摘自：Riley, J. P. and Chester, R.(1978). *Chemical Oceanography*. Vol. 7, p. 402, 2nd Ed.

雨水和淡水的组成

元　素	ppm	元　素	ppm
Cl	0.5	K	0.03（或大于0.03）
Br	0.03	Mg	0.1（或大于0.1）
I	0.001	Ca	0.1—10
SO_4^{2-}	2.0	NH_3-N	0.5
B	0.01	NO_3-N	0.2
Na	0.4（或大于0.4）		

摘自：　山県　登著.（1977）.微量元素. P. 47.

海水和地壳中的元素

元 素	海水（S为35‰）中含量（mg kg⁻¹）	600g岩石可能供应量（mg kg⁻¹海水）	转入溶液的百分数
Si	4	165 000	0.002
Al	0.5	53 000	0.001
Fe	0.02	31 900	0.0001
Ca	408	22 000	1.9
Na	10 769	17 000	65
K	387	15 000	2.6
Mg	1297	13 009	10
Ti	—	3800	?
Mn	0.01	560	0.002
P	0.1	470	0.02
C	28	300	9
S	901	300	300
Cl	19 353	290	6700
Sr	13	250	5
Ba	0.05	230	0.02
Rb	0.2	190	0.1
F	1.4	160	0.9
Cr	存 在	120	?
Zr	—	120	?
Cu	0.01	60	0.02
Ni	0.0001	60	0.0002
V	0.0003	60	0.0005
W	—	41	?
Li	0.1	39	0.2

续 表

元 素	海水（S为35‰）中含量（mg kg⁻¹）	600g岩石可能供应量（mg kg⁻¹海水）	转入溶液的百分数
Ce	0.0004	26	0.002
Co	存 在	24	?
Sn	存 在	24	?
Zn	0.005	24	0.02
Y	0.0003	19	0.002
La	0.0003	11	0.003
Pb	0.004	10	0.04
Mo	0.0005	9	0.005
Th	<0.0005	6	0.01
Cs	0.002	4	0.05
As	0.02	3	0.7
Sc	0.00004	3	0.001
Br	66	3	2000
B	4.7	2	240
U	0.015	2	0.8
Se	0.004	0.4	1
Cd	存 在	0.3	?
Hg	0.00003	0.3	0.001
I	0.05	0.2	25
Ag	0.0003	0.06	0.5
Au	0.056	0.003	0.3
Ra	0.093	0.066	0.05

摘自：Sverdrup, H. U., Johnson, M. W. and Fleming, R. H., (1942). *The Oceans*, Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, N. J.

气　　体

海水中氩的溶解度[1)]

t (℃)	S (‰) 0	10	20	30	34	35	36	38	40
−1	—	—	0.4456	0.4156	0.4042	0.4014	0.3986	0.3931	0.3877
0	0.4980	0.4647	0.4337	0.4048	0.3937	0.3910	0.3883	0.3830	0.3777
1	0.4845	0.4524	0.4224	0.3944	0.3837	0.3811	0.3785	0.3733	0.3682
2	0.4715	0.4406	0.4116	0.3845	0.3741	0.3716	0.3691	0.3641	0.3502
3	0.4592	0.4292	0.4012	0.3750	0.3650	0.3625	0.3601	0.3552	0.3505
4	0.4474	0.4184	0.3912	0.3659	0.3562	0.3538	0.3515	0.3468	0.3422
5	0.4360	0.4080	0.3817	0.3572	0.3478	0.3455	0.3432	0.3387	0.3342
6	0.4252	0.3980	0.3726	0.3488	0.3397	0.3375	0.3353	0.3309	0.3265
8	0.4049	0.3794	0.3555	0.3331	0.3246	0.3225	0.3204	0.3162	0.3121
10	0.3861	0.3622	0.3397	0.3186	0.3106	0.3086	0.3066	0.3027	0.2989
12	0.3688	0.3463	0.3251	0.3053	0.2977	0.2958	0.2939	0.2902	0.2866
14	0.3528	0.3316	0.3116	0.2929	0.2857	0.2839	0.2822	0.2787	0.2752
16	0.3380	0.3180	0.2991	0.2814	0.2746	0.2729	0.2712	0.2679	0.2647

18	0.3242	0.3053	0.2875	0.2707	0.2642	0.2626	0.2610	0.2579	0.2548
20	0.3114	0.2935	0.2766	0.2607	0.2540	0.2531	0.2516	0.2486	0.2457
22	0.2995	0.2825	0.2665	0.2514	0.2455	0.2441	0.2427	0.2399	0.2371
24	0.2883	0.2732	0.2570	0.2426	0.2371	0.2357	0.2344	0.2317	0.2291
26	0.2779	0.2636	0.2481	0.2344	0.2292	0.2279	0.2266	0.2241	0.2215
28	0.2681	0.2535	0.2398	0.2268	0.2217	0.2205	0.2193	0.2169	0.2144
30	0.2588	0.2450	0.2319	0.2195	0.2147	0.2136	0.2124	0.2101	0.2078
32	0.2502	0.2370	0.2245	0.2127	0.2081	0.2070	0.2059	0.2037	0.2015
34	0.2420	0.2294	0.2175	0.2062	0.2019	0.2008	0.1997	0.1976	0.1955
36	0.2342	0.2222	0.2109	0.2001	0.1959	0.1949	0.1939	0.1919	0.1899
38	0.2269	0.2154	0.2046	0.1943	0.1903	0.1893	0.1883	0.1864	0.1845
40	0.2199	0.2090	0.1986	0.1888	0.1849	0.1840	0.1831	0.1812	0.1794

1) 大气总压力为760mmHg，相对湿度为100%，大气中氩含量为0.934%，单位：cm^3dm^{-3}。

如果将下列各常数值代入下列方程，就可以计算出在本表范围内任意温度和盐度时氩的溶解度。

方程：

$$\ln C = A_1 + A_2 (100/T) + A_3 \ln (T/100) + A_4 (T/100) + S‰ [B_1 + B_2 (T/100) + B_3 (T/100)^2]$$

常数：	A_1	A_2	A_3	A_4	B_1	B_2	B_3
	−173.5146	245.4510	141.8222	−21.8020	−0.034474	0.014934	−0.0017729

摘自：Weiss, R. F. (1970), *Deep-Sea Res*, 17, 721.

海水中氦的溶解度(nmol kg^{-1})[1)]

t (℃)	S (‰) 0	4	8	12	16	20	24	28	31	33	35	37	39
−1	2.20	2.15	2.10	2.04	2.00	1.95	1.90	1.86	1.82	1.80	1.78	1.76	1.74
0	2.18	2.13	2.08	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.81	1.79	1.77	1.75	1.73
1	2.17	2.12	2.07	20.2	1.97	1.93	1.88	1.84	1.80	1.78	1.76	1.74	1.72
2	2.16	2.11	2.06	2.01	1.96	1.92	1.87	1.83	1.79	1.77	1.75	1.73	1.71
3	2.14	2.10	2.05	2.00	1.95	1.91	1.86	1.82	1.79	1.77	1.74	1.72	1.70
4	2.13	2.08	2.04	1.99	1.94	1.90	1.85	1.81	1.78	1.76	1.74	1.72	1.70
5	2.12	2.07	2.02	1.98	1.93	1.89	1.84	1.80	1.77	1.75	1.73	1.71	1.69
6	2.11	2.06	2.02	1.97	1.92	1.88	1.84	1.80	1.76	1.74	1.72	1.70	1.68
7	2.10	2.05	2.01	1.96	1.92	1.87	1.83	1.79	1.76	1.74	1.72	1.70	1.68
8	2.09	2.04	2.00	1.95	1.91	1.86	1.82	1.78	1.75	1.73	1.71	1.69	1.67
9	2.08	2.03	1.99	1.94	1.90	1.86	1.82	1.78	1.75	1.73	1.71	1.69	1.67
10	2.07	2.02	1.98	1.94	1.89	1.85	1.81	1.77	1.74	1.72	1.70	1.68	1.66

11	2.06	2.02	1.97	1.93	1.89	1.84	1.80	1.76	1.74	1.72	1.70	1.68	1.66
12	2.05	2.01	1.96	1.92	1.88	1.84	1.80	1.76	1.73	1.71	1.69	1.67	1.66
13	2.04	2.00	1.96	1.91	1.87	1.83	1.79	1.75	1.72	1.71	1.69	1.67	1.65
14	2.04	1.99	1.95	1.91	1.87	1.83	1.79	1.75	1.72	1.70	1.68	1.67	1.65
15	2.03	1.98	1.94	1.90	1.86	1.82	1.78	1.74	1.72	1.70	1.68	1.66	1.64
16	2.02	1.98	1.94	1.90	1.86	1.82	1.78	1.74	1.71	1.69	1.68	1.66	1.64
18	2.01	1.97	1.92	1.88	1.84	1.81	1.77	1.73	1.70	1.69	1.67	1.65	1.63
20	2.00	1.95	1.91	1.87	1.84	1.80	1.76	1.72	1.70	1.68	1.66	1.64	1.63
22	1.98	1.94	1.90	1.86	1.83	1.79	1.75	1.72	1.69	1.67	1.66	1.64	1.62
24	1.97	1.93	1.89	1.86	1.82	1.78	1.75	1.71	1.68	1.67	1.65	1.63	1.62
26	1.96	1.92	1.88	1.85	1.81	1.77	1.74	1.70	1.68	1.66	1.64	1.63	1.61
28	1.95	1.91	1.88	1.84	1.80	1.77	1.73	1.70	1.67	1.66	1.64	1.62	1.61
30	1.94	1.90	1.87	1.83	1.80	1.76	1.73	1.69	1.67	1.65	1.64	1.62	1.60
32	1.93	1.90	1.86	1.82	1.79	1.75	1.72	1.69	1.66	1.65	1.63	1.62	1.60

1）根据下式所得：

$\ln C = A_1 + A_2\,(100/T) + A_3 \ln\,(T/100) + A_4\,(T/100) + S‰\,[B_1 + B_2\,(T/100) + B_3\,(T/100)^2]$

摘自：Riely, J. P. and Skirrow, G. (1975). *Chemical Oceanography* Vol.1.P. 552. 2nd Ed.

海水中氖的溶解度(nmol kg⁻¹)[1]

t (℃)	S (‰) 0	4	8	12	16	20	24	28	31	33	35	37	39
−1	10.16	9.88	9.61	9.34	9.08	8.84	8.59	8.36	8.18	8.07	7.96	7.85	7.74
0	10.03	9.76	9.49	9.24	8.98	8.74	8.50	8.27	8.10	7.99	7.88	7.78	7.67
1	9.91	9.64	9.39	9.13	8.89	8.65	8.42	8.19	8.03	7.92	7.81	7.71	7.60
2	9.79	9.53	9.28	9.04	8.80	8.56	8.34	8.11	7.95	7.85	7.74	7.64	7.54
3	9.68	9.43	9.18	8.94	8.71	8.48	8.26	8.04	7.88	7.78	7.68	7.57	7.47
4	9.57	9.33	9.08	8.85	8.62	8.40	8.18	7.97	7.81	7.71	7.61	7.51	7.41
5	9.47	9.23	8.99	8.76	8.54	8.32	8.10	7.90	7.74	7.64	7.55	7.45	7.35
6	9.37	9.13	8.90	8.67	8.46	8.24	8.03	7.83	7.68	7.58	7.49	7.39	7.30
7	9.27	9.04	8.81	8.59	8.38	8.17	7.96	7.76	7.62	7.52	7.43	7.33	7.24
8	9.18	8.95	8.73	8.51	8.30	8.10	7.90	7.70	7.56	7.46	7.37	7.28	7.19
9	9.09	8.86	8.65	8.43	8.23	8.03	7.83	7.64	7.50	7.40	7.31	7.22	7.13
10	9.00	8.78	8.57	8.36	8.16	7.96	7.76	7.58	7.44	7.35	7.26	7.17	7.08
1	8.91	8.70	8.49	8.29	8.09	7.89	7.70	7.52	7.38	7.29	7.20	7.12	7.03

12	8.83	8.62	8.41	8.21	8.02	7.83	7.64	7.46	7.33	7.24	7.15	7.07	6.98
13	8.75	8.54	8.34	8.14	7.95	7.77	7.58	7.40	7.27	7.19	7.10	7.02	6.93
14	8.67	8.47	8.27	8.08	7.80	7.71	7.53	7.35	7.22	7.14	7.05	6.97	6.89
15	8.60	8.40	8.20	8.01	7.83	7.65	7.47	7.30	7.17	7.08	7.00	6.92	6.84
16	8.53	8.33	8.14	7.95	7.77	7.59	7.42	7.24	7.12	7.04	6.96	6.88	6.80
18	8.39	8.20	8.01	7.83	7.65	7.48	7.31	7.14	7.02	6.94	6.86	6.78	6.71
20	8.26	8.07	7.89	7.71	7.54	7.37	7.21	7.05	6.93	6.85	6.77	6.70	6.62
22	8.13	7.95	7.78	7.60	7.44	7.27	7.11	6.95	6.84	6.76	6.69	6.61	6.54
24	8.01	7.84	7.67	7.50	7.33	7.17	7.02	6.86	6.75	6.68	6.60	6.53	6.46
26	7.90	7.73	7.56	7.40	7.24	7.08	6.93	6.78	6.66	6.59	6.52	6.45	6.38
28	7.79	7.62	7.46	7.30	7.14	6.99	6.84	6.69	6.58	6.51	6.44	6.37	6.30
30	7.69	7.52	7.36	7.20	7.05	6.90	6.75	6.60	6.50	6.43	6.36	6.29	6.22
32	7.59	7.43	7.27	7.11	6.96	6.81	6.66	6.52	6.42	6.35	6.28	6.21	6.15

1）根据下式得到：

$$\ln c = A_1 + A_2\ (100/T) + A_3 \ln\ (T/100) + A_4\ (T/100) + S‰\ [B_1 + B_2\ (T/100) + B_3\ (T/100)^2]$$

摘自：Riley, J. P. and Skirrow, G. (1975). *Chemical Oceanography*. Vol. 1. P. 551. 2nd Ed.

海水中氮的溶解度1)

t (℃)	S (‰) 0	10	20	30	34	35	36	38	40
−1	—	—	16,28	15,10	14,66	14,54	14,44	14,22	14,01
0	18,42	17,10	15,87	14,73	14,30	14,19	14,09	13,88	13,67
1	17,95	16,67	15,48	14,38	13,96	13,86	13,75	13,55	13,35
2	17,50	16,26	15,11	14,04	13,64	13,54	13,44	13,24	13,05
3	17,07	15,87	14,75	13,72	13,32	13,23	13,13	12,94	12,76
4	16,65	15,49	14,41	13,41	13,03	12,93	12,84	12,66	12,47
5	16,26	15,13	14,09	13,11	12,74	12,65	12,56	12,38	12,21
6	15,88	14,79	13,77	12,83	12,47	12,38	12,29	12,12	11,95
8	15,16	14,14	13,18	12,29	11,95	11,87	11,79	11,62	11,46
10	14,51	13,54	12,64	11,80	11,48	11,40	11,32	11,17	11,01
12	13,90	12,99	12,14	11,34	11,04	10,96	10,89	10,74	10,60
14	13,34	12,48	11,67	10,92	10,63	10,56	10,49	10,35	10,21
16	12,83	12,01	11,24	10,53	10,25	10,19	10,12	9,99	9,86
18	12,35	11,57	10,84	10,16	9,90	9,84	9,77	9,65	9,52
20	11,90	11,16	10,47	9,82	9,57	9,51	9,45	9,33	9,21

22	11.48	10.78	10.12	9.50	9.26	9.21	9.15	9.03	8.92
24	11.09	10.42	9.79	9.20	8.98	8.92	8.87	8.76	8.65
26	10.73	10.09	9.49	8.92	8.71	8.65	8.60	8.50	8.39
28	10.38	9.77	9.20	8.66	8.45	8.40	8.35	8.25	8.15
30	10.06	9.48	8.93	8.41	8.21	8.16	8.12	8.02	7.92
32	9.76	9.20	8.67	8.18	7.99	7.94	7.89	7.80	7.71
34	9.48	8.94	8.43	7.96	7.77	7.73	7.68	7.59	7.51
36	9.21	8.69	8.20	7.75	7.57	7.53	7.48	7.40	7.31
38	8.95	8.46	7.99	7.55	7.38	7.33	7.29	7.21	7.13
40	8.71	8.23	7.78	7.36	7.19	7.15	7.11	7.03	6.95

1) 大气总压力为760mmHg，相对湿度为100%，大气含氮量为78.084%．单位：cm^3dm^{-3}．

如果将下列的各常数值代入下列方程，就可以计算出在本表范围内任意温度和盐度时氮的溶解度．

方程：

$$\ln c = A_1 + A_2\ (100/T) + A_3 \ln\ (T/100) + A_4\ (T/100) + S‰\ [B_1 + B_2\ (T/100) + B_3\ (T/100)^2]$$

常数：

A_1	A_2	A_3	A_4	B_1	B_2	B_3
−172.4965	248.4262	143.0738	−21.7120	−0.049781	0.026018	−0.003486

摘自：Weiss, R. F. (1970). *Deep-Sea Res*. 17, 721.

海水中氪和氙的溶解度[1]

Kr (nmol kg^{-1})

t℃	S‰ 0	10	20	30	33	35	37	40
0	5.8	5.2	4.8	4.4	4.2	4.1	4.1	4.0
5	4.9	4.5	4.1	3.7	3.6	3.6	3.5	3.4
10	4.2	3.8	3.5	3.2	3.1	3.1	3.0	3.0
15	3.6	3.3	3.1	2.8	2.8	2.7	2.7	2.6
20	3.2	2.9	2.7	2.5	2.5	2.4	2.4	2.3
25	2.8	2.6	2.4	2.3	2.2	2.2	2.1	2.1
30	2.5	2.3	2.2	2.0	2.0	2.0	1.9	1.9

Xe (nmol kg^{-1})

t℃	S‰ 0	10	20	30	33	35	37	40
0	0.90	0.83	0.76	0.69	0.67	0.66	0.65	0.63
5	0.74	0.68	0.63	0.58	0.57	0.56	0.55	0.53
10	0.61	0.56	0.52	0.48	0.47	0.46	0.45	0.44
15	0.51	0.47	0.44	0.40	0.39	0.39	0.38	0.37
20	0.44	0.40	0.37	0.35	0.34	0.33	0.33	0.32
25	0.37	0.35	0.32	0.30	0.29	0.29	0.28	0.28
30	0.32	0.30	0.28	0.26	0.26	0.25	0.25	0.25

1) 在1 atm,相对湿度为100%条件下.

摘自: Wood, D. and Caputi, R. (1966). *Technical Report* No. 988, 14 pp. U. S. Naval Radiological Defense Laboratory, San Francisco.

海水中CO的溶解度

t(℃)	Cl(‰)						
	15	16	17	18	19	20	21
	α (CO) [1]						
−2	0.03162	0.03124	0.03084	0.03044	0.03004	0.02966	0.02926
−1	0.03090	0.03052	0.03014	0.02976	0.02938	0.02900	0.02862
0	0.03024	0.02985	0.02948	0.02910	0.02872	0.02835	0.02797
1	0.02949	0.02913	0.02878	0.02842	0.02807	0.02772	0.02736
2	0.02880	0.02846	0.02811	0.02776	0.02743	0.02709	0.02675
3	0.02812	0.02779	0.02746	0.02713	0.02680	0.02648	0.02614
4	0.02750	0.02717	0.02684	0.02652	0.02620	0.02588	0.02556
5	0.02686	0.02656	0.02625	0.02594	0.02564	0.02532	0.02501
6	0.02632	0.02602	0.02572	0.02541	0.02510	0.02480	0.02450
7	0.02578	0.02548	0.02519	0.02490	0.02460	0.02432	0.02402
8	0.02524	0.02496	0.02468	0.02440	0.02412	0.02384	0.02356
9	0.02475	0.02448	0.02421	0.02394	0.02366	0.02339	0.02312
10	0.02428	0.02402	0.02376	0.02350	0.02322	0.02296	0.02270
11	0.02385	0.02359	6.02334	0.02308	0.02282	0.02256	0.02230
12	0.02343	0.02318	0.02292	0.02267	0.02242	0.02216	0.02192
13	0.02302	0.02278	0.02252	0.02228	0.02202	0.02178	0.02153
14	0.02262	0.02238	0.02213	0.02188	0.02184	0.02140	0.02116

续 表

t (℃)	Cl‰ 15	16	17	18	19	20	21
	$\alpha_t(CO)$[1]						
15	0.02224	0.02200	0.02176	0.02152	0.02128	0.02104	0.02080
16	0.02187	0.02164	0.02140	0.02116	0.02092	0.02070	0.02046
17	0.02152	0.02129	0.02106	0.02082	0.02059	0.02036	0.02014
18	0.02118	0.02094	0.02072	0.02048	0.02026	0.02002	0.01980
19	0.02084	0.02061	0.02038	0.02016	0.01994	0.01971	0.01949
20	0.02052	0.02030	0.02008	0.01985	0.01962	0.01940	0.01917
21	0.02022	0.02000	0.01978	0.01955	0.01932	0.01910	0.01888
22	0.01993	0.01971	0.01948	0.01926	0.01904	0.01882	0.01860
23	0.01965	0.01942	0.01920	0.01898	0.01876	0.01854	0.01832
24	0.01936	0.01915	0.01893	0.01872	0.01850	0.01828	0.01806
25	0.01912	0.01890	0.01868	0.01847	0.01825	0.01804	0.01782
26	0.01886	0.01864	0.01844	0.01822	0.01802	0.01780	0.01760
27	0.01862	0.01842	0.01822	0.01880	0.01780	0.01760	0.01740
28	0.01839	0.01820	0.01800	0.01780	0.01760	0.01740	0.01720
29	0.01819	0.01800	0.01780	0.01760	0.01741	0.01722	0.01702
30	0.01796	0.01778	0.01760	0.01742	0.01724	0.01706	0.01686

1) α 为该气体压力等于 760mm Hg 时被单位体积的水所吸收的气体体积（标准状态下）。

摘自：Douglas, E. (1967) *J. Phys. Chem.*, 71, 1931.

海水中CO的亨利定律常数[1]

t (℃)	S (‰) 28	31	34	37
0	762	780	799	819
5	857	875	895	916
10	947	966	987	1009
15	1033	1054	1076	1100
20	1118	1141	1166	1192
25	1199	1225	1252	1280
30	1274	1298	1324	1350

1) K_{co} [atm kg-海水 (mol-CO)$^{-1}$]

摘自：Riley, J. P. and Skirrow, G. (1975). *Chemical Oceanography*, Vol. 1, P. 544, 2nd Ed.

水和(人工)海水中CO_2的溶解度(10^{-2}mol l^{-1}atm[1])

t (℃)	盐度(‰) 0	10	20	30	34	35	36	38	40
−1	—	—	7,273	6,903	6,760	6,724	6,680	6,620	6,551
0	7,758	7,364	6,990	6,635	6,498	6,485	6,421	6,364	6,298
1	7,458	7,081	6,723	6,382	6,251	6,219	6,187	6,123	6,060
2	7,174	6,813	6,469	6,143	6,017	5,986	5,956	5,894	5,833
3	6,905	6,558	6,229	5,916	5,795	5,766	5,736	5,677	5,619
4	6,650	6,317	6,001	5,701	5,585	5,557	5,528	5,472	5,416
5	6,408	6,088	5,785	5,497	5,386	5,358	5,331	5,277	5,223
6	6,178	5,871	5,580	5,303	5,196	5,170	5,144	5,092	5,040
8	5,761	5,469	5,209	4,945	4,846	4,822	4,797	4,749	4,702
10	5,388	5,105	4,857	4,621	4,529	4,507	4,485	4,440	4,396
12	5,017	4,779	4,546	4,327	4,243	4,222	4,201	4,160	4,119
14	4,700	4,477	4,264	4,062	3,983	3,964	3,945	3,904	3,869
16	4,412	4,206	4,008	3,820	3,747	3,729	3,712	3,676	3,641
18	4,149	3,958	3,775	3,600	3,533	3,516	3,499	3,466	3,434
20	3,910	3,732	3,562	3,400	3,337	3,322	3,306	3,275	3,245
22	3,691	3,526	3,368	3,217	3,158	3,144	3,130	3,101	3,073
24	3,491	3,337	3,190	3,050	2,995	2,982	2,968	2,942	2,915
26	3,307	3,164	3,027	2,897	2,846	2,833	2,821	2,796	2,771
28	3,138	3,005	2,878	2,756	2,709	2,697	2,685	2,662	2,639
30	2,983	2,860	2,741	2,627	2,583	2,572	2,561	2,540	2,518
32	2,840	2,725	2,615	2,509	2,468	2,457	2,447	2,427	2,407
34	2,708	2,601	2,498	2,400	2,361	2,352	2,342	2,323	2,305
36	2,587	2,487	2,391	2,299	2,263	2,254	2,246	2,228	2,211
38	2,474	2,382	2,292	2,207	2,179	2,166	2,157	2,140	2,124
40	2,370	2,284	2,201	2,121	2,090	2,082	2,074	2,059	2,044

水和(人工)海水中CO_2的溶解度($10^{-2}mol\ kg^{-1}atm^{-1}$)

t (℃)	盐度(‰) 0	10	20	30	34	35	36	38	40
−1	—	—	7.158	6.739	6.579	6.539	6.500	6.422	6.345
0	7.758	7.305	6.880	6.479	6.325	6.287	6.249	6.175	6.101
1	7.468	7.024	6.616	6.232	6.085	6.048	6.012	5.941	5.870
2	7.174	6.758	6.367	5.999	5.857	5.822	5.788	5.719	5.651
3	6.904	6.506	6.131	5.777	5.642	5.608	5.575	5.500	5.444
4	6.649	6.267	5.907	5.568	5.438	5.405	5.374	5.310	5.248
5	6.407	6.040	5.695	5.369	5.244	5.213	5.182	5.122	5.062
6	6.177	5.825	5.493	5.180	5.060	5.031	5.001	4.943	4.885
8	5.752	5.427	5.120	4.831	4.720	4.693	4.666	4.612	4.558
10	5.367	5.067	4.784	4.516	4.413	4.388	4.363	4.313	4.263
12	5.019	4.741	4.479	4.231	4.136	4.112	4.089	4.042	3.997
14	4.703	4.446	4.202	3.972	3.884	3.863	3.840	3.797	3.755
16	4.416	4.177	3.951	3.738	3.655	3.635	3.616	3.575	3.536
18	4.155	3.933	3.723	3.524	3.448	3.429	3.410	3.373	3.336
20	3.916	3.170	3.515	3.330	3.258	3.241	3.223	3.189	3.154
22	3.699	3.507	3.325	3.152	3.086	3.069	3.053	3.021	2.989
24	3.499	3.321	3.161	2.990	2.928	2.912	2.897	2.867	2.837
26	3.317	3.150	2.992	2.841	2.783	2.769	2.755	2.727	2.699
28	3.149	2.994	2.846	2.705	2.651	2.638	2.624	2.598	2.572
30	2.995	2.850	2.712	2.580	2.530	2.517	2.505	2.480	2.455
32	2.854	2.718	2.589	2.466	2.418	2.406	2.395	2.372	2.349
34	2.723	2.596	2.476	2.360	2.316	2.305	2.294	2.272	2.250
36	2.603	2.484	2.371	2.263	2.221	2.211	2.201	2.180	2.160
38	2.492	2.381	2.275	2.174	2.134	2.125	2.115	2.096	2.077
40	2.389	2.285	2.186	2.091	2.054	2.045	2.036	2.018	2.000

摘自：Riley, J. P. and Skirrow, G. (1975). *Chemical Oceanography*, Vol. 2, p. 174, 2nd Ed.

北太平洋东部海区CO_2、O_2和N_2的垂直分布

深　度	(mgl⁻¹)			饱和度（%）		
	O_2	CO_2	N_2	O_2	N_2	pH
0	0.498	1.89	1.01	101.6	102	8.28
10	0.495	1.85	0.97	101.0	98	8.28
20	0.496	1.90	0.98	101.2	99	8.23
30	0.543	1.92	0.99	108.2	97	8.03
50	0.596	1.90	1.01	105.1	91	7.88
75	0.566	1.98	1.04	97.3	91	—
100	0.473	2.00	1.11	80.4	97	7.83
150	0.366	2.06	1.12	61.0	97	—
200	0.274	2.18	1.14	45.6	98	7.80
300	0.180	2.21	1.17	29.4	99	7.68
400	0.103	2.25	1.18	16.7	99	7.68
500	0.085	2.27	1.20	13.6	100	7.63
600	0.040	2.28	1.20	6.4	100	7.63
700	0.031	2.29	1.21	4.9	100	7.63
800	0.027	2.35	1.22	4.2	100	7.63
900	0.025	2.36	1.23	3.9	101	7.63
1000	0.022	2.38	1.22	3.4	100	7.63
1100	0.030	—	1.21	4.7	98	7.63
1200	—	2.39	1.22	—	99	7.68
1500	0.058	2.40	1.23	8.9	99	7.78
2000	0.119	2.41	1.25	17.9	99	7.78

摘自：堀部　純男等著．(1977)．海水の化学.p.265．第3刷発行．

海水中氧的溶解度[1)]

t (℃)	S (‰) 0	5	10	15	20	25	30	31	32	33	34	35	36	37	38
0	10.22	9.87	9.54	9.22	8.91	8.61	8.32	8.27	8.21	8.16	8.10	8.05	7.99	7.94	7.88
1	9.94	9.60	9.28	8.97	8.68	8.39	8.11	8.05	8.00	7.94	7.89	7.84	7.78	7.73	7.68
2	9.67	9.35	9.04	8.74	8.45	8.17	7.90	7.85	7.79	7.74	7.69	7.64	7.59	7.53	7.48
3	9.41	9.10	8.80	8.51	8.23	7.95	7.70	7.65	7.60	7.55	7.50	7.45	7.40	7.35	7.30
4	9.16	8.86	8.57	8.29	8.02	7.76	7.51	7.46	7.41	7.36	7.31	7.26	7.22	7.17	7.12
5	8.93	8.64	8.36	8.09	7.83	7.57	7.33	7.28	7.23	7.18	7.14	7.09	7.04	7.00	6.95
6	8.70	8.42	8.15	7.89	7.64	7.39	7.15	7.11	7.06	7.01	6.97	6.92	6.88	6.83	6.79
7	8.49	8.22	7.95	7.70	7.45	7.22	6.98	6.94	6.89	6.85	6.81	6.76	6.72	6.67	6.63
8	8.28	8.02	7.76	7.52	7.28	7.05	6.82	6.78	6.74	6.69	6.65	6.61	6.57	6.52	6.48
9	8.08	7.83	7.58	7.34	7.11	6.89	6.67	6.63	6.59	6.54	6.50	6.46	6.42	6.38	6.34
10	7.89	7.64	7.41	7.17	6.95	6.73	6.52	6.48	6.44	6.40	6.36	6.32	6.28	6.24	6.20
11	7.71	7.47	7.24	7.01	6.80	6.58	6.38	6.34	6.30	6.26	6.22	6.18	6.14	6.10	6.07
12	7.53	7.30	7.08	6.86	6.65	6.44	6.24	6.21	6.17	6.13	6.09	6.05	6.01	5.98	5.94
13	7.37	7.14	6.92	6.71	6.50	6.31	6.11	6.07	6.04	6.00	5.96	5.93	5.89	5.85	5.82
14	7.20	6.98	6.77	6.57	6.37	6.17	5.99	5.95	5.91	5.88	5.84	5.80	5.77	5.73	5.70
15	7.05	6.84	6.63	6.43	6.24	6.05	5.87	5.83	5.79	5.76	5.72	5.69	5.65	5.62	5.58
16	6.90	6.69	6.49	6.30	6.11	5.93	5.75	5.71	5.68	5.64	5.61	5.58	5.54	5.51	5.48
17	6.76	6.55	6.36	6.17	5.99	5.81	5.64	5.60	5.57	5.53	5.50	5.47	5.43	5.40	5.37
18	6.61	6.42	6.23	6.05	5.87	5.69	5.53	5.49	5.46	5.43	5.40	5.36	5.33	5.30	5.27
19	6.48	6.29	6.11	5.93	5.75	5.59	5.42	5.39	5.36	5.33	5.29	5.26	5.23	5.20	5.17
20	6.35	6.17	5.99	5.81	5.64	5.48	5.32	5.29	5.26	5.23	5.20	5.17	5.14	5.10	5.07
21	6.23	6.05	5.87	5.70	5.54	5.38	5.22	5.19	5.16	5.13	5.10	5.07	5.04	5.01	4.98
22	6.11	5.93	5.76	5.60	5.44	5.28	5.13	5.10	5.07	5.04	5.01	4.98	4.95	4.92	4.89
23	5.99	5.82	5.65	5.49	5.34	5.18	5.04	5.01	4.98	4.95	4.92	4.89	4.87	4.84	4.81

24	5.88	5.71	5.55	5.39	5.24	5.09	4.95	4.92	4.89	4.86	4.84	4.81	4.78	4.75	4.73
25	5.77	5.61	5.45	5.30	5.15	5.00	4.86	4.84	4.81	4.78	4.75	4.73	4.70	4.67	4.65
26	5.56	5.51	5.35	5.20	5.06	4.92	4.78	4.75	4.73	4.70	4.67	4.65	4.62	4.59	4.57
27	5.58	5.41	5.26	5.11	4.97	4.83	4.70	4.67	4.65	4.62	4.60	4.57	4.54	4.52	4.49
28	5.46	5.31	5.17	5.03	4.89	4.75	4.62	4.60	4.57	4.55	4.52	4.50	4.47	4.45	4.42
29	5.37	5.22	5.08	4.94	4.81	4.67	4.55	4.52	4.50	4.47	4.45	4.42	4.40	4.37	4.35
30	5.28	5.13	4.99	4.86	4.73	4.60	4.47	4.45	4.43	4.40	4.33	4.35	4.33	4.31	4.28
31	5.19	5.05	4.91	4.78	4.65	4.53	4.40	4.38	4.36	4.33	4.31	4.28	4.26	4.24	4.22
32	5.10	4.96	4.83	4.70	4.58	4.46	4.33	4.31	4.29	4.26	4.21	4.22	4.20	4.17	4.15

1）大气总压力为760mmHg，相对湿度为100%，大气中氧含量为20.59%，单位：cm^3dm^{-3}．Weiss（1970）根据Carpenter（1966）以及Murray和Riley（1969a）测得的数据，提出同数据吻合的热力学方程：

$$\ln c = A_1 + A_2(100/T) + A_3\ln(T/100) + A_4(T/100) + S‰\,[B_1 + B_2(T/100) + B_3(T/100)^2]$$

式中：

A_1	A_2	A_3	A_4	B_1	B_2	B_3
−173.4292	249.6339	143.3483	−21.8492	−0.033096	0.014259	−0.0017000

T和S(‰) 分别表示绝对温度（K）和盐度（‰）．

摘自：UNESCO．（1973）．International Oceanographic Tables．Vol．2．National Institute of Oceanography，Wormley，Surrey，England．

氧由空气中进入海洋表面的速度[1)]

C_1[2)] (ml l⁻¹)	饱和度 (%)	E[2)] (mol m⁻²a⁻¹)	(ml l⁻¹a⁻¹)
5.295	99.9	0.5	0.003
5.29	99.8	1.2	0.007
5.27	99.5	3	0.02
5.25	99.0	6	0.04

1) 水温为20℃，饱和量为5.3ml l⁻¹.

2) C_1为表层水中氧的含量.

E为在稳定状态下，来自大气的氧的侵入速度。

摘自：堀部 純男等著.（1977）. 海水の化学, p. 195. 第3刷発行.

太平洋深层水中各种氦源所提供的含量

来　源	^4He (nmol kg⁻¹)	^3He (fmol kg⁻¹)	相对于溶解度的百分数 ^4He	^3He
大气溶解度	1.75	2.32	100	100
空气注入	0.07	0.09	4	4
放射产生的α粒子	0.05	—	3	—
原生物质源	—	0.60	—	26

摘自：Riley, J. P. and Skirrow, G. (1975). *Chemical Oceanography*. Vol. 1. p. 529. 2nd Ed.

海水中Ne、Ar和He的平均反常饱和(以百分数表示)[1]

海　　域	表层水（混合层） Δ_{Ne}	Δ_{Ar}	Δ_{He}	深层水（大于1000m） Δ_{Ne}	Δ_{Ar}	Δ_{He}
大西洋 (0°—20°N)	+4.5±1.1 (9)	+2.0±2.2 (9)	+4.6±1.4 (9)	+5.2±2.7 (13)	+1.8±1.8 (13)	+0.6±1.4 (13)
德雷克水道	+4.4±1.0 (5)	+2.6±1.0 (5)	+5.7±2.0 (5)	+4.6±2.3 (6)	−0.3±3.3 (6)	+5.5±3.1 (6)
南太平洋 (25°—60°S)	—	−0.5±1.2 (5)	—	—	−1.5±1.3 (5)	—
赤道太平洋 (10°N—13°S)	+4.6±2.1 (2)	−3.0±0.3 (2)	—	+6.2±1.4 (7)	−2.5±2.0 (8)	—
赤道太平洋 (10°N—13°S)	+2.4±1.6 (9)	+1.2±2.1 (9)	+2.9±1.0 (9)	+3.3±1.3 (20)	−2.0±1.6 (20)	+7.1±1.7 (20)
北太平洋 (25°N—35°N)	+1.8±0.8 (8)	−0.3±1.0 (8)	+3.2±0.6 (8)	+1.9±1.8 (14)	−3.9±1.6 (12)	+6.3±1.4 (14)

1）±是指标准偏差；在每一数据下面括号中给出的是站位编号.　　2）2个赤道太平洋数据分别为不同实验者的数据.

摘自：Riley, J. P. and Skirrow, G. (1975). *Chemical Oceanography*. Vol. 1. p. 525. 2nd Ed.

各种气体摩尔分数(f)和海水注入空气引起的饱和异常($\Delta_{空气}$)[1]

气体	N_2	O_2	Ar	CO_2	Ne	He	Kr	Xe
$f_{空气}$	0.780	0.209	0.009	0.0003	18.2×10^{-6}	5.2×10^{-6}	1.1×10^{-6}	0.09×10^{-6}
$f_{海水}$	0.626	0.343	0.016	0.014	9.7×10^{-6}	2.3×10^{-6}	3.8×10^{-6}	0.64×10^{-6}
$\Delta_{空气}$	+7.7%	+3.8%	+3.5%	+0.1%	+11.6%	+13.8%	+1.8%	+1.0%

1）"各种气体摩尔分数(f)"分别是指溶解于饱和海水中的（以$f_{海水}$表示）和在干燥空气中的（以$f_{空气}$表示）."海水注入空气"是指每千克海水在标准温度和压力下注入1cm³的空气，所有海水体积都换算成15°C和S=36‰时的体积.

摘自：Riley, J. P. and Skirrow, G. (1975), *Chemical Oceanography*, Vol. 1, p.520, 2nd Ed.

海平面上空清洁干燥空气组成

元素或化合物	体积百分数（%）	元素或化合物	体积百分数（%）
N	78.084	CH_4	0.0002
O	20.9476	NO	0.00005
Ar	0.934	O_3	0—0.000007
CO_2	0.0314	SO_2	0—0.0001
Ne	0.001818	NO_2	0—0.000002
He	0.000524	NH_3	0—痕量
Kr	0.000114	CO	0—痕量
Xe	0.0000087	I	0—0.000001
H	0.00005		

摘自：〔日〕山県　登著．(1977)．微量元素—環境科学特論—．2.35．

水中气体的分子扩散速率

气　体	分　子　量 (g mol⁻¹)	扩　散　系　数 ($\times10^{-5}cm^2s^{-1}$)	
		0℃	24℃
H_2	2	2.0	4.9
He	4	3.0	5.8
Ne	20	1.4	2.8
N_2	28	1.1	2.1
O_2	32	1.2	2.3
Ar	40	0.8	1.5
CO_2	44	1.0	1.9
Rn	222	0.7	1.4

摘自：Broecker, W. S. (1974). *Chemical Oceanography*. 9. 127.

大气中CO_2的交换时间

平流层的交换时间（a）	
上平流层—下平流层	2.3
下平流层—对流层	2.1
平　流　层—对流层	4.0
对流层交换时间（a）	
对流层北—南	4.4
对　流　层—海洋	9.3
对流层北—海洋北	10.7
对流层南—海洋南	8.0
对　流　层—生物圈北	5.8
对　流　层—生物圈（整体）	8.9

摘自：Walton, A., Ergin, M. and Harkness, D. D. (1970). *J. geophys. Res*. 75, 3039.

大气中悬浮物和CO_2的数据[1)]

	来源								大西洋平均值	不列颠岛平均值
	大西洋				不列颠岛					
日期	16	17	18	19	25	26	27	28	16—19	25—28
SO_3-S	80	80	80	130	140	540	280	120	90	270
SO_4^{2-}-S	30	90	200	230	710	1420	1350	810	140	1070
Sea-S	180	90	90	90	30	70	80	110	115	70
NO_3^--N	1.1	1.2	0.8	0.8	2.5	3.2	3.5	3.5	1	3
NH_4^+-N	8	19	15	10	29	28	42	40	13	35
H^+	6	9.2	4.5	5.3	28.5	15.8	32.2	35.9	3	28
Pb	0.0	1.3	0.7	0.8	20.8	7.5	34.0	60.0	1	30
Br	5.4	2.1	2.4	2.2	3.6	2.1	3.5	7.5	3	4
Zn	0.7	2.1	0.0	0.4	128	55	209	391	1	19
Cu	0.4	0.5	0.0	0.0	0.7	0.3	1.1	1.5	0	1
Fe	3.7	7.9	0.0	0.0	47.6	26.5	57.7	98.1	4	57
Si	0.0	0.0	0.0	0.0	211	116	148	248	0	180
Mn	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	0.7	4.8	8.5	0	4
V	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	0.8	1.8	3.5	0	2

1) Torshavn, 1975年2月；单位：ngm^{-3}.

摘自：Riley, J. P. and Chester, R. (1978), *Chemical Oceanography*, Vol. 7, p.216, 2nd Ed.

大气中SO_2和硫酸盐悬浮物的浓度[1)]

位　　置	SO_2	SO_4^{2-}	SO_2/SO_4^{2-}
	$\mu g m^{-3}$	$\mu g m^{-3}$	
南极区（60°S—70°S）	0.13	1.57	0.08
亚南极区（40°S—60°S）	0.18	1.68	0.11
南太平洋（20°S—40°S）	0.12	1.15	0.10
北太平洋（50°N—8°N）	—	2.33	—
地中海	2.27	8.43	0.27
科罗拉多，博尔德地面	2.1	1.7	1.3
地面上5.2km高空[2)]	0.4	0.1	4.0
	$\mu g N m^{-3}$	$\mu g N m^{-3}$	SO_2/SO_4^{2-}
德国由地面到1600m	4-25	3-7	5-3
约2800m未污染区[2)]	～1	～4	0.25
	$\mu g S kg^{-1}$	$\mu g S kg^{-1}$	SO_2-S/SO_4^{2-}-S
瑞典400—2800m未污染区（30次飞行）[3)]	1-7	0.1-1.6	10-4

1）Cuong等（1974）

2）Georgii（1970）

3）Rodhe（1972）

摘自：Riley, J.P. and Chester, R.（1978）.*Chemical Oceanography*.Vol.7.p.217.2nd Ed.

大气中各种气体的丰度和性质

气体	在干燥空气中的摩尔数 (f_G)	范德瓦尔斯常数 a	范德瓦尔斯常数 b	在标准压力下摩尔体积 ($l\ mol^{-1}$)
N_2	0.78080 ± 0.00004	1.390	0.03913	22.391
O_2	0.20952 ± 0.00002	1.360	0.03183	22.385
Ar	$(9.34 \pm 0.01) \times 10^{-3}$	1.345	0.03219	22.386
CO_2	$(3.3 \pm 0.1) \times 10^{-4}$	3.592	0.04267	22.296
Ne	$(1.818 \pm 0.004) \times 10^{-5}$	0.2107	0.01709	22.421
He	$(5.24 \pm 0.004) \times 10^{-6}$	0.03412	0.02370	22.436
CH_4	2×10^{-6}	2.253	0.04278	22.356
Kr	$(1.14 \pm 0.01) \times 10^{-6}$	2.318	0.03978	22.350
CO	$(0.1\text{-}0.2) \times 10^{-6}$	1.485	0.03985	22.387
N_2O	5×10^{-7}	3.782	0.04415	22.288
Xe	$(8.7 + 0.1) \times 10^{-8}$	4.194	0.05105	22.277

摘自：Riley, J.P.and Skirrow, G.(1975). *Chemical Oceanography*.Vol. 1.p.499.2nd Ed.

大气（干燥）的组成[1)]

组　　成	体　　积(%)	重　　量(%)
N_2	78.088	75.527
O_2	20.949	23.143
Ar	0.93	1.282
CO_2	0.03	0.0456
Ne	1.8×10^{-3}	1.25×10^{-3}
He	5.24×10^{-4}	7.24×10^{-5}
CH_4	1.4×10^{-4}	7.75×10^{-5}
Kr	1.14×10^{-4}	3.30×10^{-4}
N_2O	5×10^{-5}	7.6×10^{-5}
H_2	5×10^{-5}	3.46×10^{-6}
Xe	8.6×10^{-6}	3.90×10^{-5}

1) 直至90km高处。

摘自：U.S.A.F., (1961). *Handbook of Geophysics*, The Macmilllan Co., New York.

大气中各种气体同位素的丰度

元素	质量数	mol%	元素	质量数	mol%
H(H_2O)	1	99.98	Kr	78	0.354
H(H_2O)	2	0.02	Kr	80	2.27
He	3	1.1×10^{-4}	Kr	82	11.56
He	4	100.0	Kr	83	11.55
C(CO_2)	12	98.9	Kr	84	56.90
C(CO_2)	13	1.1	Kr	86	17.37
C(CO_2)	14	9.5×10^{13}			
N	14	99.62	Xe	124	0.096
N	15	0.38	Xe	126	0.090
O	16	99.757	Xe	128	1.919
O	17	0.039	Xe	129	26.44
O	18	0.204	Xe	130	4.08
Ne	20	90.92	Xe	131	21.18
Ne	21	0.257	Xe	132	26.89
Ne	22	8.82	Xe	134	10.44
Ar	36	0.337	Xe	136	8.87
Ar	38	0.063			
Ar	40	99.600			

摘自：Cook, G.A. (1961). In *Argon, Helium and the Rate Gases*. (G.A. Cook, ed.) Vol. I, p.35—64. Interscience Publishers, New York.

大气中的微量元素(μgm^{-3})(1970年大阪地区)

元素	范围	元素	范围
Na	1.4—7.5	Ag	0.0015—0.0060
Al	1.6—6.2	Cd	0.015—0.036
Cl	0.48—12	In	0.00027—0.00072
K	0.36—2.6	Sb	0.019—0.063
Ca	1.4—2.3	Cs	0.00076—0.0020
Sc	0.00039—0.011	Ba	0.054—0.60
Ti	0.027（测定1次）	La	0.0013—0.0091
V	0.061—0.31	Ce	0.0033—0.018
Cr	0.0049—0.096	Sm	0.00025—0.0014
Mn	0.31—0.91	Eu	0.000049—0.00031
Fe	3.9—12.9	Yb	0.000084（测定1次）
Co	0.0020—0.0059	Lu	0.000018—0.000051
Ni	0.029—0.065	Hf	0.00034—0.0017
Zn	1.1—5.6	Ta	0.00011—0.00047
As	0.025—0.19	W	0.0046—0.018
Se	0.0037—0.057	Hg	0.0011—0.0022
Br	0.062—0.61	Th	0.00088—0.0040
Rb	0.0089—0.024	Au	0.0000098—0.000085

摘自：真室哲夫，(1971).*Radioisotopes*, 20 (3), 3.

无 机 物

海水中氟的测定值

测　定　者	海　区	F(mgkg⁻¹) (换算成S＝35‰)	F/Cl (mg(kg·‰)⁻¹)
Thompson, Taylor(1933)	东北太平洋	1.30	6.85×10^{-5}
	东北太平洋沿岸	1.36	7.18×10^{-5}
三宅(1939)	黑潮	1.3	6.8×10^{-5}
町田(1954)	东京湾	1.27—1.48	$6.70\text{—}7.80\times10^{-5}$
Greenhalgh, Riley (1963), Riley(1965)	整个大洋	1.3	6.7×10^{-5}

摘自：堀部　純男等著.（1977）. 海水の化学. p. 323, 第3刷発行.

海水中溴的测定值

测　定　者	海　　　区	Br(gkg⁻¹) (换算成 $S=35‰$)	Br/Cl (gkg⁻¹(‰)⁻¹)
Dittmar(1884)	表层水合成试样	0.0656	0.00339
	中间深度水合成试样	0.0660	0.00341
	深海水合成试样	0.0658	0.00340
	阿兰岛外海	0.0658	0.00340
	整个平均	0.0660	0.00341
Berglund(1885)	北海	0.0638—0.0665	0.0033—0.00344
	大西洋	0.0652—0.0660	0.00337—0.00341
	墨西哥湾	0.0660	0.00341
	地中海	0.0663	0.00343
	亚得里亚海	0.0660	0.00341
	卡特加特海峡	0.0652	0.00337
	波罗的海	0.0611—0.0665	0.00316—0.00344
Makin(1898)	大西洋	0.0628	0.00325
Chelle(1914)	大西洋	0.074	0.0038
	红海	0.083	0.0043
	地中海	0.074	0.0038
	太平洋	0.085	0.0044
	日本海	0.083	0.0043
	印度洋	0.074	0.0038
Winkier(1916)		0.067	0.00347
Cameron(1922)	德帕察湾	0.0693	0.00358
Vasilev(1937)	日本海	0.0643	0.00333
Ratmanoff(1937)	白令海、白令海峡	0.0668	0.00345
三宅(1939)	西太平洋	0.0640	0.0033
Thompson, Korpi	东部北太平洋	0.0673	0.00348
(1942)	大西洋	0.0667	0.00345
	白令海	0.0670	0.00347
町田、山内(1950)	日本海	0.0670	0.00347
Hasiam, Gibson, (1950)	英国沿岸	0.0684	0.00353
Morris, Riley, (1966)	各种海水	0.0373	0.00348

摘自： Culkin, F., (1965), Riley, J. P. and Skirrow, G. ed *Chemical Oceanography*, Vol. 1, P. 146, 150, and 152, Academic Press, New York.

表层海水中碘的分布

海　　区	试样数	I^- ($\mu g\ kg^{-1}$)	总碘($I^- + IO_3^-$) ($\mu g\ kg^{-1}$)	I^-占的比例 (%)
西北太平洋 (20°N以北)	57	2.5—31.7 (13)[1]	26.9—47.3 (39)	26—86 (33)
西北太平洋 (由20°N到赤道)	12	5.1—21.7 (11)	7.7—43.5 (28)	16—100 (40)
南中国海	3	17.9—19.2 (18)	49.9—53.7 (52)	33—34 (34)
马六甲海峡	2	20.5 (20)	49.9—51.2 (51)	40—41 (41)
印度洋	20	16.6—24.3 (20)	43.5—56.3 (51)	30—50 (39)
西风强风带 (由40°S到52°S)	7	10.2—15.3 (14)	51.2—57.6 (56)	18—30 (25)
南极海	6	7.7—17.9 (13)	51.2—57.6 (55)	15—32 (22)

1）（ ）表示平均值。

摘自：堀部　純男等著，(1977)．海水の化学．p．328，第3刷発行．

海水中碘的垂直分布[1)]

水深 (m)	水温 (℃)	氯度 (‰)	氧 ($ml\ l^{-1}$)	磷酸态磷 (μg-at l^{-1})	I^- ($\mu g\ l^{-1}$)	$I^- + IO_3^-$ ($\mu g\ l^{-1}$)	IO_3^- ($\mu g\ l^{-1}$)	I^-/IO_3^-
0	23.9	18.99	4.98	0.20	10.2	35.6	25.4	0.402
10	23.94	18.99	4.94	0.25	14.0	36.8	22.8	0.614
25	23.80	18.98	4.97	0.10	17.8	36.8	19.0	0.937
49	18.55	19.10	6.19	0.20	8.9	34.3	25.4	0.350
74	15.25	19.10	6.04	0.25	11.4	38.0	26.6	0.429
98	14.44	19.08	5.37	0.60	10.2	39.4	29.2	0.349
147	13.45	19.05	5.28	0.60	10.2	41.9	31.7	0.322
196	12.70	19.02	5.22	0.70	14.6	42.5	27.9	0.523
278	11.33	18.98	4.93	0.70	14.0	39.4	25.4	0.551
371	10.07	18.92	4.92	1.05	14.0	39.4	25.4	0.551
441	9.05	18.87	4.97	1.00	14.0	40.6	26.6	0.526
530	7.20	18.79	4.29	1.50	34.3	50.8	16.5	2.08
706	5.12	18.81	2.22	2.60	41.9	52.1	10.2	4.11
883	—	18.92	0.98	2.60	41.9	55.9	14.0	2.99
1324	2.98	19.02	0.54	2.70	29.2	50.8	21.6	1.35
1766	2.31	19.10	0.67	2.60	34.3	53.3	19.0	1.81
2207	1.89	19.14	1.47	2.60	36.8	50.8	14.0	2.63

1）观测船：海鹰丸，位置：35°01′ N，177°54′ E，日期：1955年9月21日．

摘自：堀部　純男等著．(1977)．海水の化学．p.329．第3刷発行．

海水中碘的测定值

测　　定　　者	海　　　区	I (μgkg⁻¹)
Bugarsky et al. (1909)	亚得里亚海	75
Winkler (1910)	亚得里亚海	51
Mcclendon (1922)	东北太平洋	50
Cameron (1922)	东北太平洋	38
Fellenberg (1924)	东北大西洋	51
Jarvis et al. (1926)	西北大西洋	40
Matthes et al. (1927)	波罗的海	13
Insbruch (1927)	波罗的海	32
Reith (1930)	北大西洋	52.2
	地中海 (0m)	61.7
	地中海 (900m)	53.3
	红海 (0m)	66.3
	红海 (500m)	69.5
	北海	46.3
	北海	43.4
	印度洋 (0m)	49.6
	印度洋 (500m)	55.4
	白海	40
Skopintzev et al. (1962)	西北太平洋 (20°N以北)	39.4
菅原等 (1962)	西北太平洋 (20°N以南)	27.0
	南中国海	52.1
	印度洋	50.8
	南极海	54.6

摘自：堀部　純男等著.(1977).海水の化学.p.327.第3刷発行.

每年供给大气圈的碘量

供源	I_2量 (ga^{-1})
火山活动	1.2×10^{9}
有机物分解	1.0×10^{8}
煤、石油的燃烧	5.0×10^{9}
海水飞沫	5.0×10^{9}
海洋蒸发	5.0×10^{11}

摘自：堀部 純男等著．(1977)．海水の化学．p．300．第3刷発行．

海水中砷的测定值

测定者	海区	As ($\mu g l^{-1}$)
Barnes (1932)	华盛顿岸外	20
Rakestraw, Lutz (1933)	美国东岸外-大西洋	9—22(15)[1]
Nadack, Nodack (1940)	瑞典的峡湾	3
Fedosolov (1940)	黑海	10
	亚速海	5.7
	加勒比海	6
Gorgy, Lakestraw, Fox(1940)	加利福尼亚岸外	14—44(28)[1]
石桥、重松、中川，(1951)	白滨外海	3—6(4)[1]
Smales, Pate (1952)	东北大西洋	1.6—5.0(2.6)[1]
菅原等 (1962b)	西北太平洋（表层水）	0.15—2.5(1.2)[1]
	印度洋（表层水）	1.3—2.2(1.6)[1]
	南极海（表层水）	3.0—5.0(3.7)[1]
金森 (1966)	西北太平洋（浅层水）	3[1]
	西北太平洋（深层水）	11[1]
	西北太平洋	13[1]

1) 表示平均值．

摘自：堀部 純男等著．(1977)．海水の化学．p．310．第3刷発行．

表层海水中砷的分布

海　　区 （试样数）	As(Ⅲ) (μg l⁻¹)	As(Ⅴ) (μg l⁻¹)	As(Ⅲ)+As(Ⅴ) (μg l⁻¹)	As(Ⅴ)/As(Ⅲ)+As(Ⅴ) (%)
西北太平洋（68）	—	—	0.15—2.5(1.2)[1]	—
沿阿留申列岛，千岛列岛的海区（7）	—	—	0.15—0.91(0.54)	—
北太平洋中部（25）	—	—	0.45—1.5(0.90)	—
沿菲律宾、台湾，日本列岛南岸海区（36）	0.20—2.0(0.57)	0.44—1.8(1.1)	1.2—2.5(1.6)	18—90(69)
印度洋（5）	0.15	1.1	1.3—2.2(1.6)	85
开普敦与亚热带收敛线间的海区（6）	0.00—0.39(0.18)	1.2—2.4(1.5)	1.4—2.4(1.7)	78—100(88)
亚热带收敛线与南极收敛线之间的海区（3）	0.35—0.86(0.66)	1.8—3.3(2.4)	2.7—3.7(3.1)	69—89(76)
南极收敛线与南极大陆间的海区（6）	0.36—1.1(0.55)	2.7—3.8(3.1)	3.0—5.0(3.7)	78—88(86)

1）（ ）表示平均值。

摘自：堀部　純男等著．（1977），海水の化学．P.311．第3刷発行．

海水中硼的测定值

测定者	海区	B ($mg kg^{-1}$) (换算为$S=35‰$)	B/Cl ($mg (kg \cdot ‰)^{-1}$)
Buch (1933)	英吉利海峡	4.80	0.248
	北海	4.59	0.237
	卡特加特海峡	4.51	0.233
		4.69	0.242
	芬兰湾	4.75	0.245
	平均	4.67	0.241
Harding, Moberg (1933)	太平洋	4.65	0.239
Rakestraw, Mahncke (1935)	科德角南（南部起源）	4.65	0.240
	科德角南（北部起源）	4.94	0.255
Igelsrud等 (1938)	东北太平洋	4.67	0.241
三宅 (1939)	东京湾	4.30	0.222
三宅、樱井 (1952)		4.16—5.04	0.216—0.260
Gast, Thompson (1958)	东北太平洋	4.61	0.238

续 表

测定者	海区	B(mgkg⁻¹)(换算为S=35‰)	B/Cl (mg(kg·‰)⁻¹)
	普吉特湾	4.60	0.237
Barnes, Parker (1960)	红海	4.60	0.242
	北极海	4.49	0.232
	英吉利海峡		
	(塞尔西-比尔角)	4.59	0.237
	(波特兰-比尔角)	4.73	0.244
Frederikson, Reynolds (1960)		4.65	0.240
Noakes, Hood (1961)	墨西哥湾	4.30	0.222
	加勒比海	4.30	0.222
Greenhalgh等(未发表)	各种海水	4.45	0.230

摘自：Culkin, F., 1965, Riley, J. P. and Skirrow, G. ed., *Chemical Oceanography*, Vol. 1. p. 146, 150, and 162, Academic Press, New York.

海水中SO_4^{-2}的测定值

测定者	海区	SO_4 (gkg^{-1}) (换算成$S=35‰$)	SO_4/Cl ($g(kg\cdot‰)^{-1}$)
Morton等 (1871)	爱尔兰海	2.707	0.1397
Dittmar (1884)	整个大洋	2.689	0.1383
Thompson等 (1927)	北太平洋	2.705	0.1396
Thompson等 (1931)	大西洋	2.699	0.1393
	太平洋	2.701	0.1394
	地中海	2.705	0.1396
	红海	2.703	0.1395
	印度洋	2.710	0.1399
	波罗的海	2.739	0.1414
三宅 (1939)	西太平洋	2.707	0.1397
前田等 (1939)	太平洋，大西洋	2.751	0.1420
町田 (1951)	东京湾	2.701	0.1394
Bather, Riley (1954)	爱尔兰海	2.710	0.1399
深井等 (1955)	西太平洋	2.710	0.1399
	北太平洋	[illegible]	0.1397
Morris等 (1966)	整个大洋	2.712	0.1400

摘自：Riley, J. P. (1965). *Deep-Sea Res.*, 12, 219—220.

海水中金的测定值

浓度 (μgl⁻¹)	参 考 文 献
0.004	Haber (1928)
0.1—0.2	Caldwell (1938)
0.02—2.0	Stark (1943)
0.002—44	Putnam (1953)
0.01—0.5	Hummel (1957)
0.009	Brooks (1960)
0.068±0.003	Weiss and Lai (1963)
0.004—0.027	Schutz and Turekian (1965)

摘自：Riley, J. P. and Skirrow, G. (1975). *Chemical Oceanography*. Vol. 1, p. 471. 2nd Ed.

海水中锡的测定值

水 样	S‰	锡 (μg kg⁻¹)
南安替敦水	34.1	0.040±0.007
英吉利海峡 (49°28′N, 4°40W)	35.6	0.033±0.001
那不勒斯湾	37.3	0.022±0.002
东北大西洋		
(33°35′N, 13°39′W)	36.8	0.010±0.003
(22°38′N, 20°01′W)	36.8	0.008±0.003

摘自：Smith, J.D. and Burton, J. D. (1972). *Geochim. Cosmochim. Acta*, 36, 621.

热带东北太平洋中锌的浓度

深　度 (m)	水 样 号	浓　度 ($\mu g\ l^{-1}$)
0	28	1.6
1—40	52	1.2
41—125	44	1.2
126—1000	105	2.2
0—1000	229	1.7

摘自：Zirino, A. and Healy, M. L. (1971). *Limnol. Oceangr.* 16, 773.

海水中铬的浓度

水　样	浓　度 ($\mu g\ l^{-1}$)	参 考 文 献
英国沿岸水	1—2.5	Black and Mitchell (1952)
日本沿岸水	0.04—0.07	Ishibashi and Shigematsu (1950)
沿　岸　水	0.13—0.25	Loveridge et al. (1960)
爱尔兰海水	0.46	Chuecas and Riley (1966)
英国沿岸水	0.29	Morris (1968)
香　　港	1.59	Chau et al. (1968)
地　中　海	0.25—0.96	Fukai and Vas (1967)
英国沿岸水	0.31—0.65	Elderfield (1970)

摘自：Riley, J. P. and Skirrow, G. (1975). *Chemical Oceanography*. Vol. 1, p. 464, 2nd. Ed.

表层海水中铜、锌的浓度

海　　区	Cu ($\mu g\ l^{-1}$)	Zn ($\mu g\ l^{-1}$)
德雷克海峡	1.15	
开普敦南部的南极收敛线附近	1.1—12.9	1.3—14.8
东京湾，伊势湾	1.0—5.7	2.8—11.7
尤卡坦海峡，佛罗里达海峡	1.16	3.56
三崎水道	2.9	8.2
那不勒斯湾	2.2	3.4

摘自：堀部　純男等著．(1977)．海水の化学．P．339．第3刷発行．

各大洋水域中钴的区域平均浓度[1)]

海　域	A	海　域	B
中北太平洋	9—7	中太平洋	750
白令海	30		
东北热带太平洋	20	东太平洋	180
俄勒冈沿岸东北太平洋	46		
西北热带大西洋	29	西北大西洋	210
东北热带大西洋	21	东北大西洋	130
爱尔兰海	41	西南大西洋	220
北　海	37	东南大西洋	250
英吉利海峡	40		
地中海	20		
摩纳哥沿海	41		

续 表

区 域	A	区 域	B
		加勒比海	78
		墨西哥湾	840
		拉布拉达海	160
		印度洋	1400
		南极海域	31

1) 单位是ngl^{-1}.

A是Robertson的数据.

B是Schutz和Turekian的数据.

摘自：Riley, J. P. and Skirrow, G. (1975). *Chemical Oceanography*, Vol. 1. P. 468. 2nd Ed.

输入海洋中可溶性钴、银、硒的总量

元 素	河流中的平均值 (μgl^{-1})	在河流中被吸附而在海水中被解吸的量 (μgl^{-1})	可溶性元素总量 (μgl^{-1})
Co	0.15	0.39	0.54
Ag	0.31	0.02	0.33
Se	0.20	0.04	0.24

摘自：Kharkar, D. P., Turekian, K. K. and Bertin, K. K. (1968). *Geochim. Cosmochim. Acta*, 32, 285.

各大洋和不同海域主要组分浓度与氯度比值

大洋或区域	Na/Cl	Mg/Cl	K/Cl	Ca/Cl	Sr/Cl	SO_4^{2-}/Cl	Br/Cl
北大西洋	—	—	0.02026	—	—	—	0.00337—0.00341
大西洋	0.5544—0.5567	0.0667	0.01953—0.0263	0.02122—0.02126	0.000420	0.1393	0.00325—0.0038
北太平洋	0.5553	0.06632—0.06695	0.02096	0.02154	—	0.1396—0.1397	0.00348
西太平洋	0.5497—0.5561	0.06627—0.0676	0.02125	0.02058—0.02128	0.000413—0.000420	0.3199	0.0033
印度洋	—	—	—	0.02099	0.000445	0.1399	0.0038
地中海	0.5310—0.5528	0.06785	0.02008	—	—	0.1396	0.0034—0.0038
波罗的海	0.5536	0.06693	—	0.02156	—	0.1414	0.00316—0.00344
黑海	0.55184	—	0.0210	—	—	—	—
爱尔兰海	0.5573	—	—	—	—	0.1397	0.0033
普吉特海	0.5495—0.5562	—	0.0191	—	—	—	—
西伯利亚海	0.5484	—	0.0211	—	—	—	—
南极洋	—	—	—	0.02120	0.000467	—	0.00347
东京湾	—	0.0676	—	0.02130	—	0.1394	—
巴伦支海	—	0.06742	—	0.02085	—	—	—
北冰洋	—	—	—	—	0.000424	—	—
红海	—	—	—	—	—	0.1395	0.0043
日本海	—	—	—	—	—	—	0.00327—0.00347
白令海	—	—	—	—	—	—	0.00341
亚得里亚海	—	—	—	—	—	—	0.00341

摘自：Horne,R. A. (1969). *Marine Che mistry*, p. 152.

不同类型海水中碳酸盐的化学组成

水类型	气体(CO_2) (mol m^{-3})	碳酸氢根离子(HCO_3^-) (mol m^{-3})	碳酸根离子(CO_3^{2-}) (mol m^{-3})	总溶存碳($CO_2+HCO_3^-+CO_3^{2-}$) (mol m^{-3})	碱度($HCO_3+2CO_3^{2-}$) (mol m^{-3})
暖表层水	0.01	1.65	0.35	2.01	2.35
冷表层水	0.01	1.95	0.20	2.16	2.35
大西洋深层水	0.015	2.10	0.15	2.26	2.40
太平洋深层水	0.02	2.35	0.10	2.47	2.55

摘自：Broecker, W. S. (1974). *Chemical Oceanography*, p. 44.

碳酸的第一表观解离常数[1)]

t (℃)	盐度 (‰)														
	19.00	25.00	27.00	29.00	31.00	32.00	33.00	34.00	35.00	36.00	37.00	38.00	39.00	40.00	43.00
0	0.498	0.552	0.569	0.586	0.602	0.610	0.617	0.625	0.633	0.640	0.648	0.655	0.662	0.669	0.696
1	0.512	0.567	0.585	0.601	0.618	0.626	0.634	0.642	0.650	0.657	0.665	0.672	0.680	0.687	0.708
2	0.525	0.582	0.600	0.617	0.634	0.642	0.650	0.658	0.666	0.674	0.682	0.690	0.697	0.705	0.727
3	0.539	0.597	0.615	0.633	0.650	0.658	0.667	0.675	0.683	0.691	0.699	0.707	0.715	0.722	0.745
4	0.552	0.612	0.630	0.648	0.666	0.675	0.683	0.692	0.700	0.708	0.716	0.724	0.732	0.740	0.763
5	0.565	0.626	0.645	0.664	0.682	0.691	0.699	0.708	0.716	0.725	0.733	0.741	0.749	0.757	0.781
6	0.579	0.641	0.660	0.679	0.698	0.707	0.716	0.724	0.733	0.741	0.750	0.758	0.766	0.775	0.798
7	0.592	0.655	0.675	0.695	0.713	0.722	0.732	0.740	0.749	0.758	0.767	0.775	0.783	0.792	0.816
8	0.605	0.670	0.690	0.710	0.729	0.738	0.747	0.757	0.766	0.774	0.783	0.792	0.800	0.809	0.833
9	0.618	0.684	0.705	0.725	0.744	0.754	0.763	0.772	0.782	0.791	0.799	0.808	0.817	0.826	0.851
10	0.631	0.698	0.719	0.740	0.759	0.769	0.779	0.788	0.797	0.807	0.816	0.825	0.833	0.842	0.868
11	0.643	0.712	0.733	0.754	0.774	0.784	0.794	0.804	0.813	0.822	0.832	0.841	0.850	0.859	0.885
12	0.656	0.726	0.747	0.769	0.789	0.799	0.809	0.819	0.828	0.838	8.847	0.857	0.866	0.875	0.901
13	0.668	0.739	0.761	0.783	0.804	0.814	0.824	0.834	0.844	0.853	0.863	0.872	0.881	0.891	0.917
14	0.680	0.752	0.775	0.797	0.818	0.828	0.838	0.848	0.858	0.868	0.878	0.887	0.897	0.906	0.933
15	0.692	0.765	0.788	0.810	0.832	0.842	0.853	0.863	0.873	0.883	0.893	0.902	0.912	0.921	0.949
16	0.704	0.788	0.801	0.824	0.846	0.856	0.867	0.877	0.887	0.897	0.907	0.917	0.927	0.936	0.946
17	0.715	0.791	0.814	0.837	0.859	0.870	0.880	0.891	0.901	0.911	0.921	0.931	0.941	0.951	0.979

18	0.726	0.803	0.827	0.850	0.872	0.883	0.894	0.904	0.915	0.925	0.935	0.945	0.955	0.965	0.994
19	0.737	0.815	0.839	0.862	0.885	0.896	0.907	0.918	0.928	0.939	0.949	0.959	0.969	0.979	1.008
20	0.748	0.826	0.851	0.874	0.897	0.908	0.919	0.930	0.941	0.952	0.962	0.972	0.982	0.992	1.022
21	0.758	0.838	0.862	0.886	0.909	0.921	0.932	0.943	0.954	0.964	0.975	0.985	0.995	1.005	1.035
22	0.768	0.848	0.873	0.898	0.921	0.932	0.944	0.955	0.966	0.976	0.987	0.998	1.008	1.018	1.048
23	0.778	0.859	0.884	0.909	0.932	0.944	0.955	0.966	0.977	0.988	0.999	1.010	1.020	1.030	1.060
24	0.787	0.869	0.895	0.919	0.943	0.955	0.966	0.977	0.989	1.000	1.010	1.021	1.032	1.042	1.072
25	0.796	0.879	0.905	0.929	0.953	0.965	0.977	0.988	0.999	1.011	1.021	1.032	1.043	1.053	1.084
26	0.805	0.888	0.914	0.939	0.964	0.975	0.987	0.998	1.010	1.021	1.032	1.043	1.053	1.064	1.095
27	0.813	0.897	0.923	0.949	0.973	0.985	0.997	1.008	1.020	1.031	1.042	1.053	1.064	1.074	1.105
28	0.821	0.906	0.932	0.958	0.982	0.994	1.006	1.018	1.029	1.041	1.052	1.063	1.073	1.084	1.115
29	0.829	0.914	0.941	0.963	0.991	1.003	1.015	1.027	1.038	1.050	1.061	1.072	1.083	1.093	1.125
30	0.836	0.922	0.949	0.974	0.999	1.011	1.023	1.035	1.047	1.058	1.069	1.080	1.091	1.102	1.134
31	0.843	0.929	0.956	0.982	1.007	1.019	1.031	1.043	1.055	1.066	1.077	1.089	1.100	1.110	1.142
32	0.849	0.936	0.963	0.989	1.014	1.026	1.039	1.050	1.062	1.074	1.085	1.096	1.107	1.118	1.150
33	0.855	0.943	0.970	0.996	1.021	1.033	1.045	1.057	1.069	1.081	1.092	1.103	1.114	1.125	1.157
34	0.861	0.949	0.976	1.002	1.027	1.040	1.052	1.064	1.076	1.087	1.099	1.110	1.121	1.321	1.164
35	0.866	0.954	0.971	1.008	1.033	1.045	1.058	1.070	1.082	1.093	1.105	1.116	1.127	1.138	1.170

1) 以$K'_{11}\times10^{6}$表示.

摘自：Mehrbach, C., Culberson, C.H., Hawley, J. E. and Pytkowicz, R. M. (1973). *Limnol. Oceanogr.*, 18, 897.

碳酸的第二表观解离常数[1)]

t (℃)	盐度 (‰) 19.00	25.00	27.00	29.00	31.00	32.00	33.00	34.00	35.00	36.00	37.00	38.00	39.00	40.00	43.00
0	1.67	2.44	2.69	2.92	3.14	3.24	3.34	3.44	3.53	3.62	3.71	3.79	3.87	3.94	4.14
1	1.73	2.52	2.76	3.00	3.22	3.32	3.43	3.53	3.62	3.71	3.80	3.88	3.96	4.04	4.24
2	1.81	2.60	2.84	3.08	3.31	3.41	3.52	3.62	3.71	3.81	3.90	3.98	4.06	4.14	4.35
3	1.88	2.68	2.93	3.17	3.40	3.51	3.61	3.72	3.81	3.91	4.00	4.09	4.17	4.25	4.47
4	1.96	2.77	3.03	3.27	3.50	3.61	3.72	3.82	3.92	4.02	4.11	4.20	4.29	4.37	4.60
5	2.05	2.87	3.13	3.37	3.61	3.72	3.83	3.93	4.04	4.14	4.23	4.32	4.41	4.50	4.73
6	2.14	2.97	3.23	3.48	3.72	3.83	3.95	4.05	4.16	4.28	4.36	4.45	4.55	4.63	4.88
7	2.23	3.08	3.34	3.60	3.84	3.96	4.07	4.18	4.29	4.39	4.49	4.59	4.69	4.78	5.03
8	2.34	3.19	3.46	3.72	3.97	4.09	4.20	4.32	4.43	4.53	4.64	4.74	4.84	4.93	5.20
9	2.44	3.31	3.59	3.85	4.10	4.22	4.34	4.46	4.57	4.68	4.79	4.89	4.99	5.09	5.37
10	2.55	3.44	3.71	3.98	4.24	4.36	4.49	4.60	4.72	4.83	4.95	5.05	5.16	5.26	5.56
11	2.67	3.57	3.85	4.12	4.38	4.51	4.64	4.76	4.88	5.00	5.11	5.22	5.33	5.44	5.75
12	2.79	3.70	3.99	4.27	4.54	4.67	4.80	4.92	5.05	5.17	5.29	5.40	5.52	5.63	5.95
13	2.92	3.85	4.14	4.42	4.69	4.83	4.96	5.09	5.22	5.34	5.47	5.59	5.71	5.82	6.16
14	3.06	3.99	4.29	4.58	4.86	5.00	5.13	5.26	5.40	5.53	5.65	5.78	5.90	6.02	6.38
15	3.19	4.15	4.45	4.74	5.03	5.17	5.31	5.45	5.58	5.71	5.85	5.98	6.11	6.23	6.61
16	3.34	4.30	4.61	4.91	5.20	5.35	5.49	5.63	5.77	5.91	6.05	6.18	6.32	6.45	6.84
17	3.49	4.46	4.78	5.08	5.38	5.53	5.68	5.82	5.97	6.11	6.25	6.40	6.54	6.68	7.09

18	3.64	4.63	4.95	5.26	5.57	5.72	5.87	6.02	6.17	6.32	6.47	6.61	6.76	6.91	7.34
19	3.80	4.80	5.12	5.44	5.76	5.91	6.07	6.22	6.38	6.53	6.69	6.84	6.99	7.14	7.60
20	3.96	4.97	5.30	5.62	5.95	6.11	6.27	6.43	6.59	6.75	6.91	7.07	7.23	7.39	7.87
21	4.13	5.15	5.48	5.81	6.14	6.31	6.47	6.64	6.80	6.97	7.13	7.30	7.47	7.63	8.14
22	4.30	5.33	5.66	6.00	6.34	5.91	6.68	6.85	7.02	7.19	7.36	7.54	7.71	7.89	8.42
23	4.47	5.51	5.85	6.19	6.54	6.71	6.89	7.06	7.24	7.42	7.60	7.78	7.96	8.14	8.70
24	4.65	5.69	6.03	6.38	6.74	6.92	7.10	7.28	7.46	7.65	7.83	8.02	8.21	8.40	8.98
25	4.82	5.87	6.22	6.58	6.94	7.12	7.31	7.49	7.68	7.87	8.07	8.26	8.46	8.66	9.27
26	5.00	6.05	6.41	6.77	7.14	7.33	7.52	7.71	7.90	8.10	8.30	8.50	8.71	8.92	9.56
27	5.18	6.23	6.59	6.96	7.34	7.53	7.72	7.92	8.12	8.33	8.54	8.75	8.96	9.18	9.85
28	5.36	6.41	6.77	7.15	7.53	7.73	7.93	8.13	8.34	8.55	8.77	8.99	9.21	9.44	10.15
29	5.53	6.58	6.95	7.33	7.72	7.93	8.13	8.34	8.56	8.77	9.00	9.22	9.46	9.69	10.43
30	5.71	6.75	7.12	7.51	7.91	8.12	8.33	8.54	8.76	8.99	9.22	9.46	9.70	9.94	10.72
31	5.88	6.92	7.29	7.68	8.09	8.30	8.52	8.74	8.97	9.20	9.44	9.68	9.93	10.19	11.00
32	6.04	7.08	7.45	7.85	8.27	8.48	8.70	8.93	9.16	9.40	9.65	9.90	10.16	10.43	11.27
33	6.20	7.23	7.61	8.01	8.43	8.65	8.88	9.11	9.35	9.60	9.85	10.11	10.38	10.66	11.54
34	6.36	7.37	7.75	8.16	8.59	8.81	9.04	9.28	9.53	9.78	10.04	10.31	10.59	10.88	11.79
35	6.50	7.51	7.89	8.30	8.73	8.98	9.20	9.44	9.69	9.96	10.22	10.50	10.79	11.09	12.04

1) 以$K'_2 \times 10^{10}$表示。

摘自：Mehrbach, C., Culberson, C. H., Hawley, J.E. and Pytkowicz, R.M.(1973). *Limnol. Oceanogr.* 18, 897.

海水中碳酸的第一表观解离常数[1)]

Cl (‰)	t (℃) 0	5	10	15	20	25	30	35
0	6.58	6.52	6.47	6.42	6.38	6.35	6.33	6.31
1	6.47	6.42	6.37	6.33	6.29	6.26	6.24	6.23
4	6.36	6.32	6.28	6.24	6.21	6.18	6.16	6.15
9	6.27	6.23	6.19	6.15	6.13	6.10	6.08	6.07
16	6.18	6.14	6.11	6.07	6.05	6.03	6.01	5.99
17	6.17	6.13	6.10	6.06	6.04	6.02	6.00	5.98
18	6.16	6.12	6.09	6.06	6.03	6.01	5.99	5.97
19	6.15	6.11	6.08	6.05	6.02	6.00	5.98	5.97
20	6.14	6.10	6.07	6.04	6.01	5.99	5.97	5.96
21	6.13	6.09	6.60	6.03	6.00	5.98	5.96	5.95
25	6.09	6.05	6.02	6.00	5.97	5.95	5.93	5.92
36	6.00	5.97	5.94	5.92	5.89	5.87	5.86	5.84
49	5.92	5.88	5.86	5.84	5.82	5.80	5.78	5.77
64	5.84	5.80	5.78	5.76	5.74	5.72	5.71	5.70

1) 以pK'_{11}表示．数值根据N．B．S．pH标度．

摘自：Lyman，J．(1956)．Thesis，University of California，Los Angeles，196pp．

海水中碳酸的第二表观解离常数[1)]

Cl (‰)	t (℃) 0	5	10	15	20	25	30	35
0	10.62	10.55	10.49	10.43	10.38	10.33	10.29	10.25
1	10.06	9.99	9.93	9.87	9.81	9.76	9.71	9.66
4	9.78	9.72	9.67	9.61	9.54	9.49	9.43	9.38
9	9.64	9.58	9.52	9.46	9.40	9.34	9.27	9.21
16	9.46	9.40	9.35	9.29	9.23	9.17	9.10	9.02
17	9.44	9.38	9.32	9.27	9.21	9.15	9.08	9.00
18	9.42	9.36	9.30	9.25	9.19	9.12	9.06	8.98
19	9.42	9.34	9.28	9.23	9.17	9.10	9.02	8.95
20	9.38	9.32	9.25	9.21	9.15	9.08	9.01	8.92
21	9.36	9.30	9.25	9.19	9.13	9.06	8.98	8.89
25	9.29	9.23	9.17	9.11	9.05	8.98	8.91	8.82
36	9.12	9.06	8.89	8.93	8.86	8.79	8.72	8.63
49	8.95	8.89	8.82	8.75	8.68	8.61	8.53	8.43
64	8.77	8.71	8.64	8.57	8.50	8.42	8.34	8.23

1) 以pK'_2表示；数值根据N．B．S．pH标度．

摘自：Lyman，J．(1956)．Thesis，University of California，Los Angeles，196pp．

碳酸的第一解离常数[1]

pK'_{1h}						
	t (℃)					
S(‰)	5	10	15	20	25	30
20	6.133	6.080	6.028	5.979	5.930	5.884
25	6.106	6.053	6.001	5.951	5.903	5.857
30	6.082	6.029	5.977	5.927	5.879	5.833
35	6.059	6.006	5.955	5.905	5.857	5.810
40	6.051	6.998	5.947	5.897	5.849	5.802

1）以pK'_{1h}表示，数值根据Hansson海水pH标度。

摘自：Hansson, I. (1973a). *Deep-Sea Res*. 20, 461.

碳酸第二解离常数[1]

pK'_{2h}						
	t(℃)					
S(‰)	5	10	15	20	25	30
20	9.457	9.370	9.236	9.205	9.126	9.050
25	9.394	9.307	9.222	9.141	9.063	8.937
30	9.331	9.244	9.160	9.078	9.000	8.924
35	9.279	9.191	9.107	9.026	8.947	8.872
40	9.232	9.145	9.061	8.980	8.901	8.825

1）这些常数由下式给出：

$$pK'_{1h}=841/T+3.272-0.0101S+0.0001\times S^2$$

$$pK'_{2h}=1373/T+4.854-0.01935\times S+0.000135\times S^2$$

式中T为绝对温度，S为盐度。

摘自：Hansson, I. (1973). *Deep-Sea Res*. 20, 461.

海水中硼酸的第一表观解离常数[1)]

Cl(‰)	t (°C) 0	5	10	15	20	25	30	35
0	9.50	9.44	9.38	9.33	9.28	9.24	9.20	9.16
1	9.40	9.34	9.28	9.23	9.18	9.14	9.10	9.06
4	9.23	9.22	9.16	9.11	9.06	9.02	8.98	8.94
9	9.14	9.08	9.03	8.98	8.93	8.88	8.85	8.82
16	9.00	8.95	8.89	8.84	8.80	8.76	8.72	8.69
17	8.98	8.93	8.88	8.83	8.78	8.74	8.70	8.67
18	8.96	8.91	8.86	8.81	8.76	8.72	8.69	8.66
19	8.95	8.90	8.85	8.80	8.75	8.71	8.67	8.64
20	8.94	8.88	8.83	8.78	8.74	8.69	8.65	8.63
21	8.92	8.87	8.82	8.77	8.72	8.68	8.64	8.61
25	8.85	8.80	8.75	8.70	8.66	8.62	8.59	8.56
36	8.71	8.66	8.61	8.57	8.53	8.49	8.46	8.43
49	8.56	8.52	8.47	8.43	8.39[5]	8.36	8.33	8.30
64	8.41	8.37	8.33	8.30	8.26[5]	8.23	8.20	8.17

1) 以 pK_B表示。数据根据N. B. S. pH标度。

摘自：Lyman, J. (1956). Thesis, University of California, Los Angeles, 196pp.

硼酸的第一表观解离常数[1)]

S(‰)	5	10	t (°C) 15	20	25	30
20	8.96	8.90	8.84	8.77	8.72	8.66
25	8.92	8.86	8.79	8.73	8.67	8.62
30	8.89	8.82	8.76	8.70	8.64	8.58
35	8.86	8.79	8.73	8.67	8.61	8.55
40	8.85	8.78	8.72	8.66	8.60	8.54

1) 以pK'_{Bh}表示。数值根据Hansson海水pH标度。

这些常数由下式给出：

$$pK'_{Bh}=1028/T+5.527-0.0158\times S+0.00016\times S^2$$

式中T为绝对温度，S是盐度（‰）

摘自：Hansson, I. (1973a). *Deep-Sea Res*. **20**, 461.

海水中磷酸盐的表观解离常数

t (℃)	S (‰) 30‰	33‰	36‰
	K'_1		
5	—	2.68×10^{-2}	2.75×10^{-2}
10	—	2.51×10^{-2}	2.67×10^{-2}
15	2.72×10^{-2}	2.83×10^{-2}	3.05×10^{-2}
20	2.58×10^{-2}	2.35×10^{-2}	2.26×10^{-2}
25	2.36×10^{-2}	2.52×10^{-2}	2.37×10^{-2}
	K'_2		
5	—	6.2×10^{-7}	6.7×10^{-7}
10	—	6.3×10^{-7}	7.3×10^{-7}
15	6.6×10^{-7}	7.2×10^{-7}	7.5×10^{-7}
20	7.1×10^{-7}	8.8×10^{-7}	10.3×10^{-7}
25	7.4×10^{-7}	7.9×10^{-7}	9.3×10^{-7}
	K'_3		
5	—	0.46×10^{-9}	0.40×10^{-9}
10	—	0.61×10^{-9}	0.58×10^{-9}
15	0.52×10^{-9}	0.95×10^{-9}	0.66×10^{-9}
20	1.26×10^{-9}	1.37×10^{-9}	1.20×10^{-9}
25	1.79×10^{-9}	2.50×10^{-9}	2.80×10^{-9}

摘自：Kester, D. R., (1966). M. S. Thesis, Oregon State Univ.

印度洋、太平洋和大西洋海水中的含磷量

	印度洋，太平洋(μg atl⁻¹)	大西洋(μg atl⁻¹)
无机的	2.5(表层0.5)	1.7(表层0.3)
有机物氧化而来（非保守性的）	1.3	0.5
原有的（保守性的）	1.2	1.2
有机的	0.5	0.3
计	3.0	2.0

摘自：堀部　純男等著．（1977）．海水の化学．p.182．第3刷発行．

南极水中颗粒态磷的形式

溶解磷，>90%		
颗粒磷，3—7.5%	酸可溶的有机磷	3—15%
	磷脂类	4—29%
	正磷酸盐	12—59%
	低聚阴离子	3—11%
	多磷酸核糖核酸（多磷酸-RNA）	15—74%

摘自：Horne, R. A. (1969). *Marine Chemistry*. p. 271.

氮、磷和硅的重量换算表（μg换算为μg-at.）

μg (N, P或Si)l^{-1}	μg-at.N l^{-1}	μg-at.P l^{-1}	μg-at.Si l^{-1}
1	0.071	0.032	0.036
2	0.143	0.065	0.071
3	0.214	0.097	0.107
4	0.286	0.129	0.142
5	0.357	0.161	0.178
6	0.428	0.194	0.214
7	0.500	0.226	0.249
8	0.571	0.258	0.284
9	0.643	0.291	0.320
10	0.714	0.323	0.356
20	1.428	0.646	0.712
30	2.142	0.968	1.068
40	2.856	1.291	1.424
50	3.569	1.614	1.780
60	4.283	1.937	2.136
70	4.997	2.260	2.492
80	5.711	2.582	2.848
90	6.425	2.905	3.204
100	7.139	3.228	3.560

摘自：Riley, J. P. and Skirrow, G.(1975). *Chemical Oceanography*, Vol. 1, p.560, 2nd Ed.

海洋中磷与硅的循环

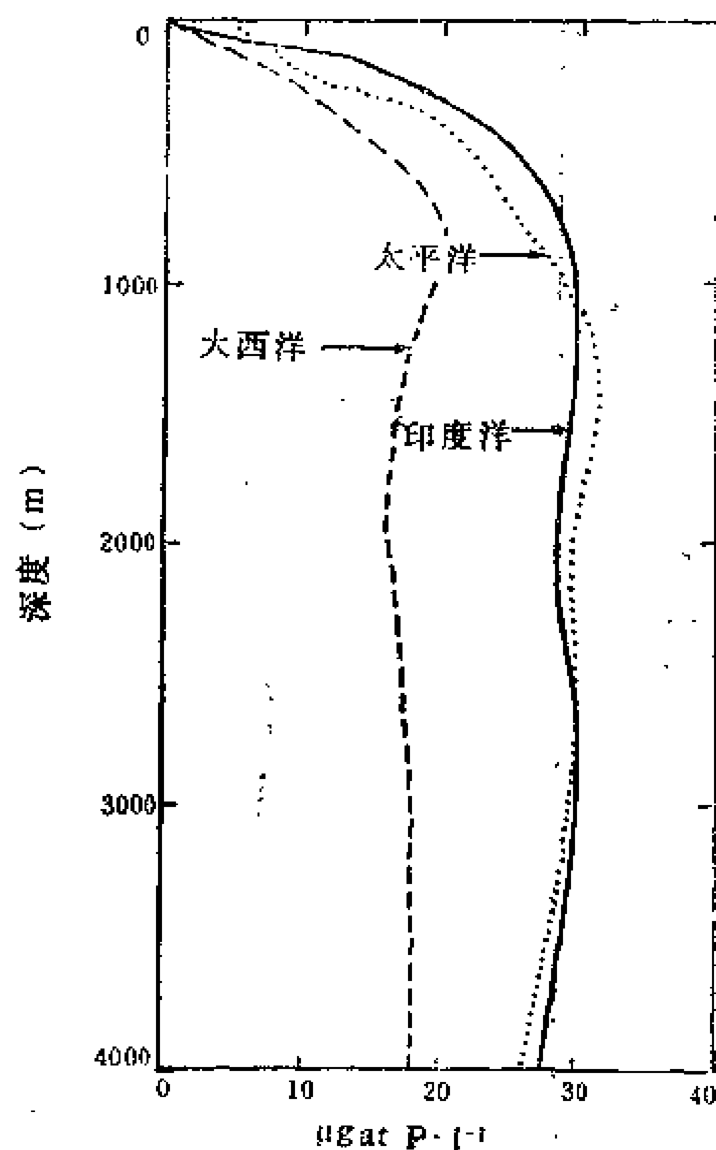
	印度洋太平洋 (μg at cm⁻²,a⁻¹)		大西洋 (μg at cm⁻²,a⁻¹)	
	P	Si	P	Si
初级生产	6	180	6	180
沉积	0.03	4	0.15	20
由河流输入	0.03	4	0.15	20

摘自：堀部　純男等著，(1977)．海水の化学．p.183．第3刷発行．

营养盐各种表示方法之间的换算因子

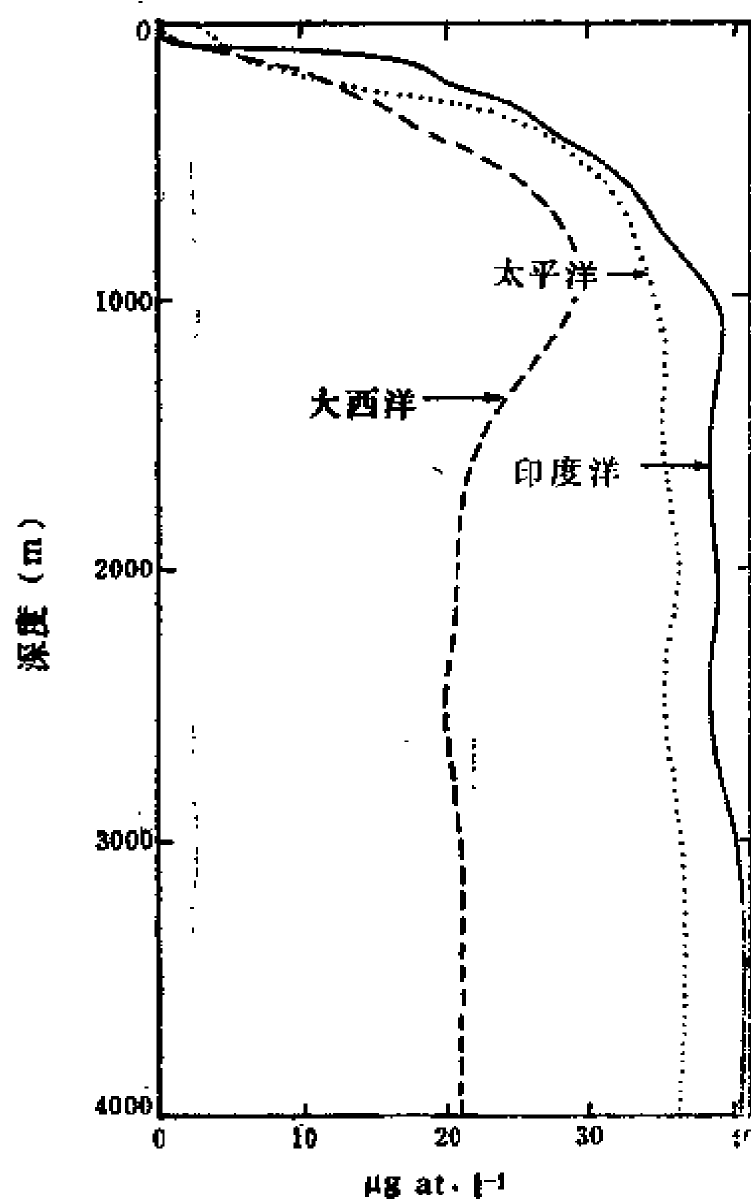
换算	因子	倒数
$\mu g NO_3^- \longrightarrow \mu g N$	0.2259	4.427
$\mu g NO_2^- \longrightarrow \mu g N$	0.3045	3.286
$\mu g NH_3 \longrightarrow \mu g N$	0.8225	1.216
$\mu g NH_4^+ \longrightarrow \mu g N$	0.7764	1.287
$\mu g PO_4^{3-} \longrightarrow \mu g P$	0.3261	3.066
$\mu g P_2O_5 \longrightarrow \mu g P$	0.4364	2.291
$\mu g SiO_2 \longrightarrow \mu g Si$	0.4675	2.139
$\mu g SiO_4^{4-} \longrightarrow \mu g Si$	0.3050	3.278
$\mu g N \longrightarrow \mu g\text{-}at N$	0.07138	14.008
$\mu g P \longrightarrow \mu g\text{-}at.P$	0.03228	30.975
$\mu g Si \longrightarrow \mu g\text{-}at.Si$	0.03560	28.09

摘自：Riley, J. P. and Skirrow, G. (1975). *Chemical Oceanography*, Vol. 9. 560. 2nd Ed.



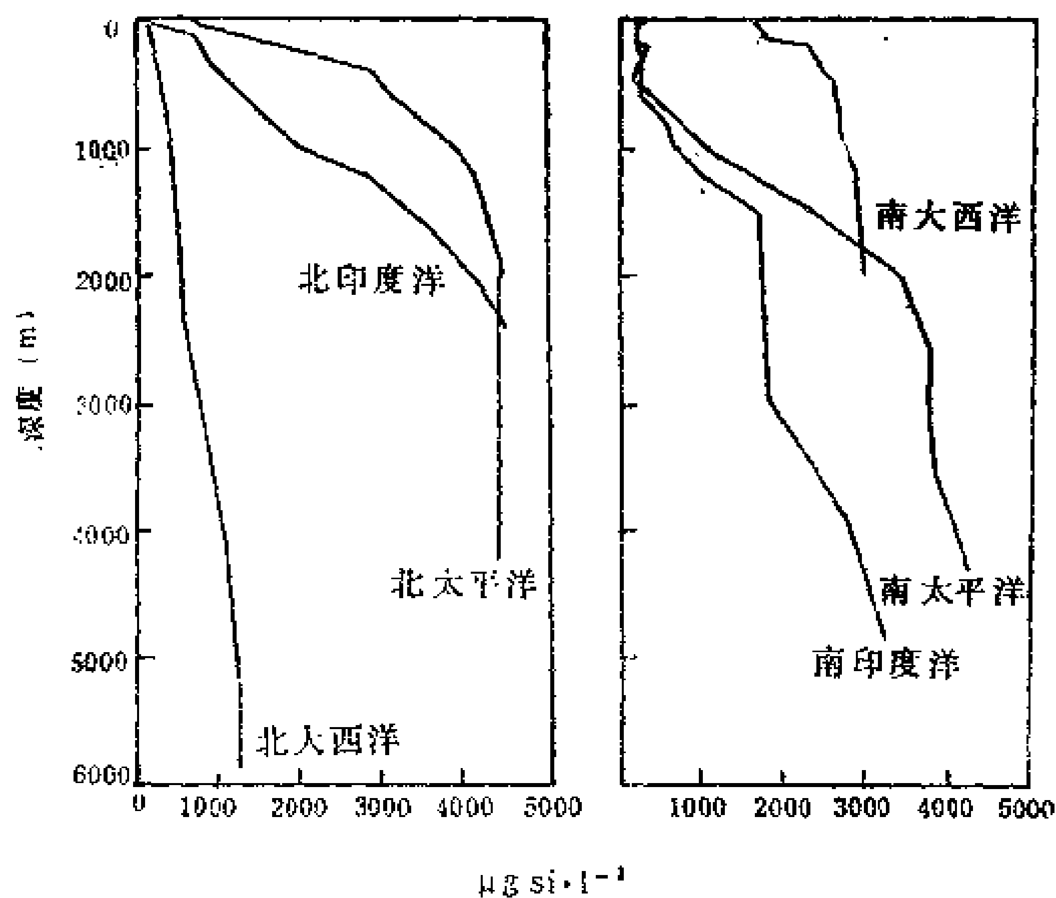
世界大洋中正磷酸盐浓度的典型深度剖面图。

摘自：Svedrup, H. U., Johnson, M. W. and Fleming, R. H. (1942). The *Oceans*. pp1087, Prentice Hall Inc. New York.



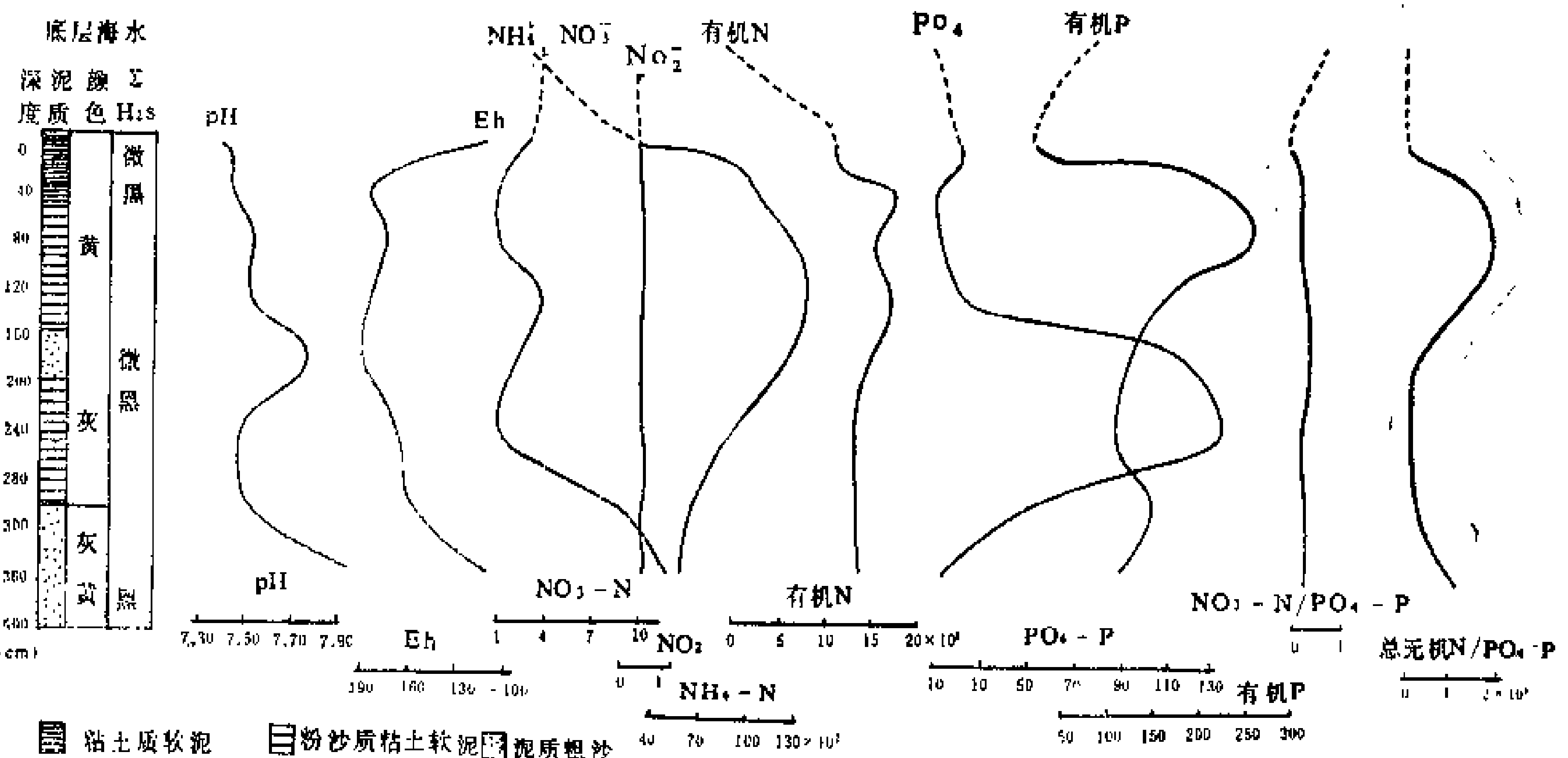
世界大洋中NO_3^--N浓度的典型深度剖面图

摘自：Svedrup, H. U., Johnson, M. W. and Fleming, R. H. (1942). *The Oceans*, pp1087, Prentice Hall Inc. New York.



世界大洋中溶解态硅酸浓度的典型深度剖面图

摘自：Armstrong, F. A. J. (1965a). In *Chemical Oceanography* (J. P. Riley and G. Skirrow, eds.), Vol. 1. pp 409—432. Academic Press, London and New York.



胶州湾沧口沿岸底质溶液中的氮、磷化合物（1964）

单位：Eh为mV，氮、磷化合物为mgN，P/m³，顾宏堪、李国基，（1979）：胶州湾底质溶液中的氮和磷，海洋与湖沼，10（2），103—111。

海水中弱酸基的浓度[1)]

	$mmol\,l^{-1}$	注
HCO_3^-	2.1	
CO_3^{2-}	0.28	
硼　酸	0.45	约20%解离为$H_2BO_3^-$
硅　酸	0.1	约1%解离为$H_3SiO_4^-$
磷　酸	0.002	HPO_4^{2-} 80%, PO_4^{3-} 19%, $H_2PO_4^-$ 1%

1) $S=35‰$, pH8.1.

摘自：堀部　純男等著．(1977)．海水の化学．P.64．第3刷発行．

全世界铅的年估算值

	$10^{12}g\ a^{-1}$
世界铅产量 (1966)	3.5
北半球产量	3.1
以烷基铅形式燃烧的铅	0.31
河流搬运入海洋环境中的溶解铅	0.24
河流搬运入海洋环境中的颗粒铅	0.50

摘自：Murozumi, J., Chow, T. J. and Patterson, C. (1969). *Geochim. Cosmochim. Acta*. 33, 1247.

波罗的海氮化合物的平均浓度[1)]

深度 (m)	NO_3^- [2)]	NO_3^- A	NO_3^- B	NO_2^- A	NO_2^- B	NH_3 A	NH_3 B	总-N A	总-N B	无机-N A	无机-N B	有机-N A	有机-N B
0	0.36	0.47	0.75	0.10	0.19	0.49	0.87	16.89	17.28	1.06	1.81	15.83	15.47
6	0.43	0.45	0.80	0.08	0.13	0.84	0.66	—	—	1.37	1.59	—	—
10	0.45	0.53	0.73	0.08	0.13	0.60	0.60	—	—	1.21	1.46	—	—
15	0.48	0.51	0.66	0.07	0.14	0.67	0.52	18.05	15.79	1.25	1.32	16.80	14.47
20	0.49	0.48	0.71	0.07	0.09	0.47	0.50	—	—	1.02	1.30	—	—
30	0.51	0.47	0.71	0.12	0.14	0.41	0.51	18.19	19.64	1.00	1.35	17.19	18.28
40	0.67	0.70	0.85	0.11	0.17	0.52	0.53	—	17.38	1.33	1.55	—	15.83
50	0.93	0.92	1.28	0.12	0.18	0.35	0.53	14.56	18.58	1.39	1.97	13.17	16.61
60	1.44	1.54	2.22	0.07	0.12	0.23	0.47	13.43	16.11	1.84	2.81	11.59	13.30
70	2.50	1.60	2.76	0.05	0.06	0.25	0.57	17.08	17.87	1.90	3.39	15.18	14.48
80	3.30	1.70	2.89	0.02	0.06	0.33	0.73	—	17.50	2.08	3.68	—	13.82
90	4.50	1.88	2.54	0.01	0.09	0.57	1.00	—	20.44	2.46	3.63	—	16.84
100	4.93	1.96	2.70	0.05	0.03	0.63	0.94	17.16	20.70	2.64	3.67	14.52	17.93
125	5.24	1.97	3.02	0.01	0.05	0.83	0.94	—	21.20	2.81	4.01	—	17.19
150	5.34	2.09	2.64	0.02	0.08	0.91	0.96	—	16.79	3.02	3.68	—	13.11
175	5.33	2.72	2.28	0.02	0.10	1.09	1.72	20.66	—	3.83	4.10	16.83	—
200	5.88	2.88	2.27	0.03	0.07	0.92	1.82	20.63	17.75	3.83	4.16	16.80	12.59
225[3)]	6.41	5.06	2.89	0.05	0.05	0.58	1.84	—	—	5.69	4.78	—	—
250	6.03	5.57	2.84	0.06	0.05	0.72	2.50	—	20.28	6.35	5.39	—	14.87

1) 单位：μg-at l^{-1} A. 1970年测定值，B. 1971年测定值． 2) 为1964—1966年的测定值．

3) 为230m和245m之间的平均值．

摘自：Riley, J. P. and Skirrow, G. (1975). *Chemical Oceanography*, Vol.2, p. 522, 2nd Ed.

黑海硫化物和硫酸的分布

水深 (m)	氧化还原电位 (mV)	溶解氧 ($ml\ l^{-1}$)	S^{2-} (S-μg at l^{-1})	SO_4^{2-}/Cl
0	395	5.60	—	0.1408
25	408	7.06	—	—
50	404	6.35	—	0.1418
100	340	1.08	—	0.1408
150	−26	0.25	2	0.1402
200	−88	0.08	60	0.1400
300	−139	0	155	0.1394
500	−170	0	320	0.1387
750	−162	0	471	0.1377
1000	−144	0	547	0.1380
1500	−129	0	635	0.1378
1750	—	—	—	0.1378
2000	—	—	—	0.1361

摘自：Richards, F. A., (1965), Anoxic basins and fjords, in *Chemical Oceanography* (Riley, J. P. and skirrow, G. ed), Vol. 1, Chapter 13, Academic Press, New York.

天然水中痕量金属离子的浓度（ppb）

样　　品	Zn^{2+}		Cd^{2+}		Pb^{2+}		Cu^{2+}	
新疆天山1982.5.10—14.	5.0—10	7.1	0.084—0.18	0.13	0.023—0.060	0.037	0.58—1.4	0.96
青海湖1982.5.22—23	2.0—7.1	4.2	0.040—0.089	0.060	0.035—0.099	0.050	0.81—1.6	1.3
青藏高原1982.5.29.—6.8.	2.0—9.7	5.4	0.042—0.14	0.074	0.029—0.084	0.051	0.63—1.6	1.1
泉水1982.5.29.1983.4.3.	2.7—9.1	6.2	0.042—0.11	0.084	0.028—0.076	0.048	0.76—1.6	1.0
黄河1982.5.18.	4.6—6.1							
长江1982.6.14—19.	2.0—9.7	5.7	0.060—0.16	0.11	0.020—0.070	0.043	0.46—1.1	0.85
吉林1982.11.30	5.8		0.10		0.030		0.90	
内陆平均值范围	4.2—7.1		0.060—0.13		0.037—0.059		0.94—1.3	
总平均（±变幅%）	5.7(±26%)		0.029(±41%)		0.048(±23%)		1.1(±18%)	
东海海水1982.6—7.	6.5—9.8	7.3	0.11—0.17	0.12	0.030—0.050	0.036	0.70—1.2	0.94
西北太平洋水1983.6—7.	3.0—6.9	4.7	0.060—0.10	0.068	0.017—0.0[illegible]1	0.025	0.40—0.6[illegible]	0.45
海洋平均值范围	4.7—7.3		0.068—0.12		0.025—0.036		0.45—0.94	
总平均（±变幅%）	6.0(±22%)		0.094(±28%)		0.031(±16%)		0.70(±34%)	
南极海水1984.1	5.1		0.11		0.031		0.92	
南极冰川水1984.1.	5.1		0.070		0.033		0.97	
南极冰1984.1	5.1		0.070		0.067		0.79	

顾宏堪，刘明星、李国基、包万友、张首临，1984．天然水痕量金属离子均匀分布规律及其机理．中国科学院海洋研究所．

河流中硫酸盐的通量

地　区	总Cl^- (mgl^{-1})	总SO_4^{2-} (mgl^{-1})	污染物SO_4^{2-} (mgl^{-1})	向海洋迁移通量 ($10^{12}ga^{-1}$)		
				H_2O	SO_4^{2-} (天然)	SO_4^{2-} (污染)
欧　洲	6.9	24	17	2.5×10^6	17	45
北美洲	8.0	20	12	4.6×10^6	37	55
南美洲	4.9	4.8	0	8.2×10^6	39	0
非　洲	12.1	13.5	0	6.0×10^6	81	0
亚　洲	8.7	8.4	0	11.2×10^6	94	0
总　量				32.5×10^6	268	100

摘自：Berner, R.A. (1971) , *J. Geophys. Res*, 76, 6597.

有 机 物

大洋中有机质通量

通 量	$gCm^{-2}a^{-1}$	参 考 文 献
沉积物中永久被封闭的	0.2—0.6	Mopper and Deqens (1972)
溶解有机质 (DOM)	0.3—0.4	Williams (1971)
沉积物中生物氧化的	1.0—4.0	Smith and Teal (1973)
有机物深水氧化的	1.0—2.0	Craig (1971)
总计[1)]	2.5—7.0	

1）总量＝离开透光带的有机质通量；这样，假设平为表层生产力为100 $gCm^{-2}a^{-1}$，再循环效率约为93—97%。

摘自：Riley, J. P. and Chester, R. (1976). *Chemical Oceanography*. Vol. 6. p. 67. 2nd Ed.

海水中已知溶解有机化合物的平均组成

组 分	在海水中的浓度 ($\mu g\ C\ l^{-1}$)
维生素B_{12}	0.0005
硫胺素	0.005
生物素	0.001
总脂肪酸	5
尿素	5
总游离糖	10
总游离胺基酸	10
总碳水化合物	200
结合氨基酸	50

摘自：Riley, J. P and Skirrow, G. (1975). *Chemical Oceanography*. Vol. 2. p. 356 2nd Ed.

海洋中有机物质的输入量、储藏量和损失量

储藏量	
溶解有机碳（取700μg C l^{-1}）	1×10^{18}gC
颗粒有机碳（取20μg C l^{-1}）	3×10^{16}gC
浮游生物	5×10^{14}gC
年输入量	
初级净生产量（取固碳量为100gC$m^{-2}a^{-1}$）	3.6×10^{16}gC
降雨（取1mg C l^{-1}）	2.2×10^{14}gC
河流（取5 mg C l^{-1}）	1.8×10^{14}gC
溶解有机物质的可能年输入量	
浮游植物排泄（生产量的10%）	3.6×10^{15}gC
来自浮游植物的稳定物质（生产量的 5%）	1.8×10^{15}gC
沉积造成的年损失量	
近岸沉积	2.7×10^{12}gC
远洋沉积	9.2×10^{13}gC

摘自：Riley, J. P. and Skirrow, G. (1975). *Chemical Oceanography*. Vol. 2. P. 303. 2nd Ed.

海水中碳水化合物的浓度

方　法	取样的海区	碳水化合物	取样深度（m）	结果的范围(μg l^{-1})
蒽酮法和N-乙基咔唑法	太平洋	总　糖	未　说　明	700
酚-硫酸法	印度洋	总　糖	0—2400	200—600
蒽　酮　法	马尾藻海	总　糖	0—2100	200—800
萃取和纸色谱法	东太平洋	半乳糖	0—3720	1.5—5.4

续表

方法	取样的海区	碳水化合物	取样深度(m)	结果的范围(μg l⁻¹)
		葡萄糖	0—3720	5.4—15.5
		甘露糖	0—3720	2.7—17.8
生物鉴定法	西南大西洋	葡萄糖	10—100	0—60
生物鉴定法	北大西洋	葡萄糖	0—100	0—190
酚鉴定法	北大西洋	葡萄糖	0—100	0—150
萃取和酶鉴定法	英吉利海峡	葡萄糖	10和50	0.4—5.7

摘自：Riley, J. P. and Skirrow, G. (1975). *Chemical Oceanography*. Vol. 2. P. 323. 2nd Ed.

海洋中颗粒有机碳的若干代表性浓度值

海区	颗粒有机碳 (μg l⁻¹)	方法	参考文献
	大洋分布		
北大西洋			
10—100m	80—130	干式燃烧，电导分析	Szekielda (1968)
100—1000m	60—120		
1000—3000m	60—120		
亚热带和热带海区			
200—5000m	10—20	干式燃烧，红外分析	Menzel and Goering (1966)
马尾藻海			
0—50m	20—60	干式燃烧，红外分析	Menzel (1967)
100—4000m	<10		
东北太平洋			
250—400m	30—110	湿式燃烧，容量法分析	Hobson (1967)
中太平洋（夏威夷）			
0—100m	5—35	干式燃烧，色谱分析	Gordon (1971)
1000—4000m	5—10		
西北太平洋			
白令海0—300m	50—200	干式燃烧，色谱分析	Nishizawa and

续 表

海　　区	颗粒有机碳（μg l⁻¹）	方　　法	参考文献
亲潮区0—300m	40—300		Nakajima (1971)
（菲律宾海）0—300m	40—75		
亲潮区0—50m	60—160	干式燃烧，色谱分析	Handa and Yanagi (1969)
黑潮区0—50m	60—80		
白令海0—50m	60—80		
东部热带太平洋（秘鲁海流）			
0—20m	250—1250	干式燃烧，红外分析	Menzel (1967)
20—100m	40—500		
200—3000m	<15		
亚丁湾			
0—100m	80—180	干式燃烧，电导分析	Szekielda (1966b)
北冰洋（阿梅雷森海盆）			
0—20m	7—13	湿式和干式燃烧，红外分析	Kinney *et al*. (1971)
	近岸分布 (mg l⁻¹)		
大西洋			
北美沿岸			
查尔斯顿港	1.70	干式燃烧，重量法按差值	Manheim *et al*. (1970)
哈特拉斯湾	0.57	测有机碳	
切萨皮克湾	1.0—3.0	干式燃烧，红外分析	Biggs and Flemer (1972)
太平洋			
加利福尼亚湾	0.06—0.40	干式燃烧，红外分析	Zeitzschel (1970)
北太平洋（阿留申海脊）			
0—50m	0.10—0.40	干式燃烧，红外分析	Nakajima (1969)
100—1500m	0.02—0.07		

摘自：Riley, J. P and Skirrow, G. (1975). *Chemical Oceanography*. Vol. 2. p. 372. 2nd Ed.

不同海区溶解有机磷的平均值和典型范围值[1)]

深度 (m)	东北太平洋 紫外光照射	东北太平洋 紫外光照射	黑海 H_2SO_4水解	西部地中海 紫外光照射
0—100	0.3 (2.0—0.4)	0.3 (0.2—0.4)	0.25	0.07 (0.0—0.15)
100—300	0.15 (0.1—0.2)	0.2 (0.15—0.25)	0.50	0.05 (0.03—0.06)
300—1000	0.15 (0.1—0.2)	0.2 (0.15—0.25)	0.90	0.05 (0.02—0.08)
1000—2000	0.15 (0.1—0.2)	—	1.0	0.06 (0.0—0.14)
2000+	—	—	—	0.04 (0.03和0.05)

1) 单位：μg-at P l^{-1}.
摘自：Riley, J. P. and Skirrow, G. (1975), *Chemical Oceanography*, Vol. 2, P. 314. 2nd Ed.

不同海区溶解有机氮的平均值和典型范围值[1)]

海区 氧化方法	温带北大西洋 干式燃烧	北大西洋 干式燃烧	东北太平洋 紫外光照射	东北太平洋 紫外光照射[2)]	印度洋 未说明	黑海 克氏消解法	西部地中海 紫外光照射
深度 (m)							
0—100	18.4	15	6.0	6.0(5—7.5)	7.5(6—8)	17	5.2(3.5—6.1)
100—300	—	15	5.0	5.0(4—6)	7(6.5—8)	15	3.3(2.0—4.5)
300—1000	17.7	15	4.0	3.5(2—5)	6(5.5—6.7)	16	3.3(2.6—4.6)
1000—2000	—	10	4.0	3.5(2—4)	5—	15	4.8(1.4—6.7)
2000+	17.1(16—18)	10	—	—	4.3	—	—

1) 单位：μg-at N l^{-1}.
2) 其值包括氨.
摘自：Riley, J.P. and Skirrow, G., (1975), *Chemical Oceanography*, Vol.2, p.313, 2nd Ed.

不同海区溶解有机碳的平均值和典型范围值[1)]

海区	温带北大西洋	北大西洋	东北太平洋	热带大西洋	黑海	北大西洋和南大西洋	墨西哥湾
氧化方法	重铬酸盐氧化	重铬酸盐氧化	过硫酸盐氧化	干式燃烧	干式燃烧	过硫酸盐氧化	过硫酸盐氧化
深度（m）							
0—100	2.4	0.6(0.3—1.2)	0.7(0.5—0.8)	2.0(1.7—2.2)	3.0	0.8(0.6—1.0)	0.8(0.6—1.1)
100—300	—	0.5(0.3—1.0)	0.6(0.5—0.6)	1.7(1.5—1.8)	2.8	0.7(0.4—0.8)	0.6(0.4—0.8)
300—1000	—	0.4(0.3—0.6)	0.5(0.4—0.6)	1.5(1.4—1.7)	2.5	0.5(0.4—0.6)	0.5(0.3—0.7)
1000—2000	2.35	0.4(0.3—0.6)	0.5(0.4—0.6)	1.5(1.4—1.6)	—	0.5(0.4—0.6)	0.5(0.3—0.6)
2000+	2.33	0.4(0.3—0.6)	—	1.5(1.4—1.6)	—	0.5(0.4—0.6)	0.5(0.4—0.6)

海区	太平洋	大西洋	印度洋	西部地中海	北大西洋	北大西洋	北大西洋
氧化方法	干式燃烧	干式燃烧	干式燃烧	过硫酸盐氧化	过硫酸盐氧化	干式燃烧	干式燃烧
深度（m）							
0—100	1.79(1.49—1.98)	1.72(1.30—1.86)	1.73(1.57—1.99)	0.6(0.37—0.82)	1.0—1.3	0.8—1.5	1.5—2.5
100—300				0.38(0.29—0.43)	0.7—1.0	0.8—1.5	1.5—2.0
300—1000	1.45(1.11—1.70)	1.53(1.08—1.66)	1.57(1.45—1.67)	0.34(0.23—0.55)	0.6—0.8	0.8—1.5	1.5—2.0
1000—2000				0.28(0.22—0.34)	0.6—0.8	0.8—1.3	1.2—1.5
2000+	1.25(1.09—1.31)	1.36(1.13—1.50)	1.35(1.30—1.47)	0.24(0.21—0.27)	0.6—0.8	0.8—1.1	1.2—1.5

1) 单位：mg C l⁻¹.

摘自：Riley, J.P.and Skirrow, G., (1975), *Chemical Oceanography*, Vol., 2, p.312, 2nd Ed.

东北太平洋中的溶解有机物质

	$\mu g\ C\ l^{-1}$（平均值）	
深度	0—300m	300—3000m
总有机碳	1000	500
氨基酸（自由的和束缚的）	25	25
糖类（自由）	10	10
脂肪酸（自由和束缚）	40	10
尿素（自由）	20	<2
芳香族化合物（酚基取代）	1	—
维他命（B_{12}，B_1，维生素H）	10^{-2}	10^{-2}
	Σ≈100	50
总量中可鉴定的部分%≈10		10

摘自：Williams, P. M. (1971). In *Organic Compounds in Aquatic Environments*. (S. J. Faust and J. V. Hunter, eds.). Dekker, New York.

海洋浮游生物中的碳水化合物组成（mol%）

	冰岛	伍兹霍尔牡蛎池	卡里亚科海沟	鲸鱼湾	百慕大	秘鲁卡廖	加拉帕戈斯岛
鼠李糖	2.7	5.4	7.4	3.0	4.6	4.0	5.1
岩藻糖	6.2	6.3	7.8	4.2	6.4	3.0	7.1
核糖	37.4	22.1	4.9	2.8	5.6	14.8	7.1
阿戊糖	2.5	0.8	2.1	0.5	1.1	3.0	6.0
木糖	3.2	6.0	5.7	4.3	5.5	3.7	19.4
甘露糖	16.0	18.0	15.0	7.5	11.9	13.1	13.2
半乳糖	16.8	23.8	39.7	12.2	37.3	18.0	22.5
葡萄糖	15.3	17.7	17.3	65.6[1]	27.6	40.5	19.4
总糖 ($\mu\ molg^{-1}$)	13.1	113.2	144.9	217.9	86.9	40.5	44.8

1）存在纤维素污染.

摘自：Riley, J. P. and Chester, R. (1976). *Chemical Oceanography*. Vol. 6. p. 77. 2nd Ed.

海水中的脂肪酸含量

脂肪酸	平均浓度（甲脂μg l^{-1}）	深度（m）	总脂肪酸含量（甲脂μg l^{-1}）
$C_{14:0}$	0.65	20	4.02
$C_{14:1}$	0.07	73	3.26
$C_{14:2}$	0.07	405	3.98
$C_{16:0}$	1.17	480	4.01
$C_{16:1}$	0.68	891	8.84
$C_{16:2}$	0.17	1826	2.90
$C_{16:3}$	0.09	2310	3.12
$C_{18:0}$	0.51		
$C_{18:1}$	0.33		
$C_{18:2}$	0.43		
$C_{18:3}$	0.11		
$C_{20:1}$	0.73		

摘自：Williams, P. M. (1965). *J. Fish. Res. Bd. Canada*, **22**, 1107.

海水中烃和氯代烃的浓度

化合物	海区	深度（m）	浓度（ml l^{-1}）	度（ng l^{-1}）
甲烷	北大西洋	次表层	$4—5\times10^{-5}$	30—35
甲烷		深层	0.6×10^{-5}	4.3
甲烷	黑海	1000＋	15×10^{-2}	100 000
乙烷	黑海	0—100	5×10^{-7}	0.6
乙烷＋乙烯	黑海	1000＋	400×10^{-7}	50
乙烯	黑海	0—300	5×10^{-6}	6
丙烯	黑海	0—300	1×10^{-6}	2
丙烷	墨西哥湾	0—1000	1×10^{-7}	0.2

续 表

化合物	海 区	深 度 (m)	浓 (ml l^{-1})	度 (ng l^{-1})
丙 烷	卡里亚科海沟	0—100	$<10\times10^{-7}$	
丙 烷	卡里亚科海沟	300+	$20-50\times10^{-7}$	
总正链烷烃	墨西哥湾	2000		780
总 烃	北大西洋	次 表 层		9000—56 000
总 烃	赤道大西洋	50		43 000
总 烃		500—4 500		10 000—37 000
PCB	北大西洋	次 表 层		35
PCB	北大西洋	200		10
DDT残留物	东太平洋近岸区	次 表 层		2.3—5.6

摘自：Riley, J.P.and Skirrow, G. (1975). *Chemical Oceanography*. Vol 2.p.321.2nd Ed.

海水中氨基酸的测定值

海 区	氨基酸总含量 (μg l^{-1})	个别氨基酸的含量 (μg l^{-1})	参 考 文 献
东太平洋	16—124	0—38	Degens *et al*. (1964)
黑 海	2.3—37	0—8.8	Starikova and Korzhikova (1969)
爱尔兰海	4.5—31	0—8.1	Riley and Segar (1970)
赫尔戈兰海峡	8—70[1)]	0—15	Bohling (1970)
北大西洋	6—47	0—16	Pocklington (1971)
英吉利海峡	9.8—80	0—8.1	Andrews and Williams (1971)

1) 设平均分子量为100时的计算值。

摘自：Riley, J. P. and Skirrow, G. (1975). *Chemical Oceanography*. Vol. 2. p. 325. 2nd Ed.

海水中的可溶性氨基酸[1)]

氨基酸	在所指深度（m）的分布					
	10	500	900	1500	3000	3500
谷氨酸	+++	+++	+++	+++	+++	+++
赖氨酸	+++	+++	+++	+++	+++	+++
甘氨酸	+++	+++	+++	+++	+++	+++
门冬氨酸	++	+++	+++	+++	++	+++
丝氨酸	++	+++	+++	++	+	++
丙氨酸	++	++	++	++	++	++
亮氨酸	++	++	++	++	++	++
缬氨酸＋胱氨酸	++	++	++	++	+	++
异亮氨酸	++	++	++	++	+	+
乌氨酸	+	++	+	+	+	+
甲硫氨酸亚砜	+	+	+	+	+	+
苏氨酸	+	+	+	+	+	+
酪氨酸＋苯丙氨酸	+	+	+	+	+	+
组氨酸	+	+	+	+	+	+
精氨酸	+	+	+	+	+	+
脯氨酸	+		+	+	+	+
甲硫氨酸	+	+		+	+	+

1) 丰度顺序：+++：高，>1mg m^{-3}；++：中等，1—0.5mg m^{-3}；+：低，<0.5mg m^{-3}。

摘自：Park, K., Williams, W. T., Prescott, J. M., and Hood, D. W., (1962), *Science*, 138, 531.

在海洋浮游生物中氨基酸和己糖胺的分布(残留物／1000)[1]

	冰岛	伍兹霍尔牡蛎池	卡里亚科海沟	鲸鱼湾	秘鲁卡奥[2]	加拉帕戈斯岛
天门冬氨酸	98	90	102	104	115	109
苏氨酸	51	49	53	69	57	55
丝氨酸	55	66	62	71	61	60
谷氨酸	120	106	127	79	138	124
脯氨酸	55	58	69	64	48	54
甘氨酸	133	82	155	112	159	132
丙氨酸	106	97	113	118	105	104
胱氨酸	9	1	2	1	11	13
缬氨酸	63	52	59	76	53	58
蛋氨酸	27	20	22	19	29	23
异白氨酸	44	37	41	54	35	38
白氨酸	76	70	76	85	76	76
酪氨酸	8	38	18	40	26	33
苯基丙氨酸	31	31	26	42	35	32
赖氨酸	58	93	55	33	25	45
组氨酸	6	24	4	6	13	9
精氨酸	61	86	11	29	13	34
总氨基酸 ($mg\ g^{-1}$，干重)	313	419	266	140	312	357
己糖胺 ($mg\ g^{-1}$)	18.7	36.0	14.3	9.8	7.9	55.6
氮 ($mg\ g^{-1}$)	2.3	3.0	3.2	1.4	0.97	10.8
氨基酸/己糖胺	16.7	11.6	18.6	14.3	35.5	6.4
有机C%	54.4	54.53	43.90	29.43	45.33	48.46
N%	5.97	7.28	7.34	4.12	7.69	7.34
H%	7.74	7.45	6.24	3.18	6.19	6.93
C/N值	9.1	7.5	6.0	7.1	5.9	6.6

1) 为了便于样品之间相互比较，浓度以千分之氨基酸残留物（=mol%）给出．

2) 79%的$CaCO_3$（颗石藻）在分析前被除去．

摘自：Riley, J. P. and Chester, R. (1976). *Chemical Oceanography*. Vol. 6, p. 76, 2nd Ed.

海产生物中化学元素的浓缩系数

元　　素	生　　物	浓缩系数
Cr	海　　藻	80—120 000
	无脊椎动物	2—9000
	鱼	2000
Mn	海　　藻	88—42 000
	无脊椎动物	120—550 000
	鱼	70—126 000
Fe	海　　藻	100—45 000
	无脊椎动物	13—78 000
	鱼	0.05—3000
Co	海　　藻	45—3700
	无脊椎动物	5.4—20 000
	鱼	0.5—560
Zn	海　　藻	80—50 000
	无脊椎动物	0.05—40 000
	鱼	1.4—15 000
Ge	海　　藻	16—17
	无脊椎动物	8—16
	鱼	
Sr	海　　藻	0.05—1600
	无脊椎动物	0.1—80 000
	鱼	0.03—20

续 表

元 素	生 物	浓 缩 系 数
Y	海 藻	160—900
	无脊椎动物	12—260
	鱼	0.5—10 000
Zr	海 藻	170—2960
	无脊椎动物	0.6—600
	鱼	0.008—247
Nb	海 藻	335—2038
	无脊椎动物	1.3—3000
	鱼	256
Ru	海 藻	30—1210
	无脊椎动物	0.4—3200
	鱼	0.01—20
I	海 藻	140—140 000
	无脊椎动物	0.4—20 000
	鱼	1.3—15
Cs	海 藻	1.3—240
	无脊椎动物	0.1—72
	鱼	2—224
Ce	海 藻	100—4500
	无脊椎动物	2—1000
	鱼	0.27—611
Hg	海 藻	10—30
	无脊椎动物	5000—8700
	鱼	1300—5300

摘自：堀部 純男編著。(1977)．海水の化学。P．179．第3刷発行．

海藻、贝壳和沉积岩中化学元素的浓缩系数

元素	海水中的浓度(ppm)	海藻中的浓度(ppm)	海藻中的浓缩系数	贝壳中的浓度(ppm)	贝壳中的浓缩系数
Cl	19 000				
S	880		10	200—2000	0.2—2
Br	69	100—500	1.5—8		
B	4.6	10—100	2—20	3—5 (230—1600)[2]	0.7—1 (50—350)[2]
F	1.3	0.5—3	0.4—2	30—120 (314)[3]	20—90 (240)[3]
I	0.055	20—7200	400—14 000	1—10	20—200
As	0.003—0.024	0.007—7	0.3—2000		

元素	砂岩中的浓度(ppm)	页岩中的浓度(ppm)	石灰岩中的浓度(ppm)	平均浓度[1](ppm)	沉积岩中的浓缩系数
Cl	～0	6000 ?	200(460)	5000	0.3
S	2800	2600	1100	2500	2.8
Br	～0	>0.2	(7)	0.5	0.07
B	9—31	310	3 (12)	260	50
F	～0	510	250 (320)	400	300
I	0.2—0.3	0.3—2.0	0.07—0.55 (2.8)	0.27—1.7	5—30
As	1	10	(2.5)	9	1000

1) 以砂岩、页岩和石灰岩的存在比为12:82:6为基础计算的。

2) 看来关于芋贝和珊瑚壳的值稍高。

3) 关于有孔虫壳的值。

摘自：堀部　純男等著．(1977)．海水の化学．p．300．第3刷発行．

海水中维生素的代表性浓度值

	深 度 (m)	维生素B_{12} (ng l^{-1})	硫胺素 (ng l^{-1})	生物素 (ng l^{-1})
大洋水	0—100	0.1	8	1.8
	200—500	4.0		
	1000+	1.0		
沿岸水		2	15	3.8

摘自：Carlucci, A. F. (1970). *Bull. Scripps Inst. Ocean.* 17, 23.

海洋（或湖泊）腐植质和陆地腐植质之间的差别

特性	海洋（或湖泊）腐植质	陆地腐植质	参考文献
芳香度	低（湖泊沉积物、海洋沉积物）	高	Stuermer (1975), Ishiwatari (1969, 1971), Rashid and King (1970)
酚含量	低（海洋沉积物）	高	Huc (1973), Rashid and King (1970)
氮含量	高（海洋沉积物）	低	Stuermer (1975), Nissenbaum and Kaplan (1972)
$\delta^{13}C$ (‰)	−22——24 (海洋沉积物)	−24——29	Stuermer (1975), Nissenbaum and Kaplan (1972)
1540—1560 cm^{-1}的红外吸收带	有（湖泊沉积物）	无	Ishiwatari (1967), Stuermer (1975)
分子量	低（海水）	高	Stuermer (1975)
	高（海洋沉积物）	高	Rashid and King (1969)

摘自：Riley, J. P. and Chester, R. (1978). *Chemical Oceanography.* Vol. 7. p. 275. 2nd Ed.

海洋中异养活性的测定平均值或代表性测定值

海区	深度(m)	基质	代谢速率(%，d) 净摄取量	呼吸	总摄取量	基质浓度(μgl⁻¹)	代谢速率(μgl⁻¹d⁻¹) 净摄取量	呼吸	总摄取量
热带南大西洋	10和100	葡萄糖	12			40	4.8		
热带和温带北大西洋	10—100	葡萄糖				100—<50	0.36—0.06		
约克河口区	—	总氨基酸	4—0.3			30	24		
		个别氨基酸				17—0.55	10—0.024		
英吉利海峡(夏季)	10和50	葡萄糖		50—20		6—<1		1.1—0.2	
英吉利海峡(夏季)	10和50	总氨基酸		10—4		80—10		3—1	
帕姆利科河口区	—	总氨基酸				200—80			15—8
	—	个别氨基酸							12—0.06
西地中海	10—100	葡萄糖		100—30					
	400和600	葡萄糖		1					
	10—100	总氨基酸		30—25					
	400和600	总氨基酸		1					
佛罗里达海峡	10—100	葡萄糖		25					
	10—100	总氨基酸		100—50					
东太平洋近岸区	25	总氨基酸		16—2		9—5			3.7—0.5
	25	个别氨基酸		40—1		2—0.0			1.2—0.0

摘自：Riley, J.P, and Skirrow, G, (1975). *Chemical Oceangraphy*. Vol.2, p.343, 2nd Ed.

表层水和深层水（>99m）的浮游动物中元素组成的变化

元素	浓度（$\mu g\ g^{-1}$，灰）	
	表层	深层
Pb	117	183
Zn	657	1809
Fe	2900	4200
Cd	16	15
Co	44	37
Cu	115	132
Ni	100	150
Mn	<70	88
Sr	890	1140
Ca	103 900	105 000
Mg	45 700	46 200

摘自：Martin, J. H. (1970). *Limnol. Oceanogr.* 15, 756.

被浮游植物富集到浓度至少为海水浓度1000倍的元素

元素	富集系数	元素	富集系数
Al	1×10^5	Pb	4×10^4
As	—	Mn	4×10^3
Be	1×10^3	Ni	5×10^3
C	4×10^3	Nb	1×10^3
Cd	—	P	3×10^4
Ce	9×10^4	Pu	$2,6\times10^3$
Cr	2×10^3	Sc	2×10^3
Co	1×10^3	Ag	2×10^4
Cu	3×10^4	Zn	2×10^4
I	—	Zr	6×10^4
Fe	4×10^4		

摘自：Lowman, F. G., Rice, T. R. and Richards, F. A. (1971). *In Radioactivityin the Marine Environment*, National Academy of Sciences, Washington, p. 161.

海洋浮游植物中的元素组成[1]

元　素	有机部分 (μg g⁻¹,干重)			硅质藻壳 (μg g⁻¹,干重)	
	A	B	C	A	B
Na*	138	106	89	—	—
K*	13	13	11	—	—
Mg*	16	15	11	—	—
Ca*	6.5	5.3	6.5	—	—
Sr	147	119	697	—	—
Ba	33	19	287	—	—
Al	110	444	38	620	2550
Fe	224	1510	231	220	560
Mn	6.1	13.3	7.7	ND	4.3
Ti	ND	27	ND	115	400
Cr	ND	3.9	—	—	—
Cu	3.2	7.4	11	5.6	9
Ni	1.9	7.8	2.3	—	—
Zn	19	122	24	5	10
Ag	0.2	0.6	ND	—	—
Cd	1.5	1.6	3.9	—	—
Pb	ND	7.2	9.2	—	—
Hg	0.19	0.16	0.16	—	—
SiO_2 (%)	10	15	11	—	—

1) ND为检测不出；*表示为mg g^{-1}；A组：无可检测的钛；B组：有可检测的钛；C组：锶含量高的样品。

摘自：Martin, J. H. and Knauer, G. A. (1973). *Geochim. Cosmochim. Acta*, 37, 1639.

海洋浮游动物中的元素组成

样　　品	干样品的灰分（%）	B	Mo	V	Ni	Co	Ti	Cr	Pb	Sn	Cu	Hg	Cd	Ag	Mn	Fe	Zn	Al
		元素（$\mu g\ g^{-1}$，灰中含量）																
腔肠动物																		
霞水母（*Cyaned capillata*）	60.3	100	3	5	<1	3	3	<1	6	4	13							
木节水母																		
瓜水母（*Beröe cucumis*）	70.3	115	3	8	<1	<1	<1	<1	6	7	700							
软体动物翼足目																		
蜕螺（*Limacina retrouersa*）	64.2	50	8	85	2	20	5	<1	200	<1	30							
蛾螺海天使（*Clione limacina*）	33.3	90	<1	16	4	30	<1		65	20	70							
软体动物头足纲																		
柔鱼（*Ommastrephe illicebrosa*）	7.7	420	4	4	<1	3	6	<1	5	3	2700							
节肢动物桡足类																		
胸刺水蚤(*Centropages typicus & hamatus*)	22.8	160	10	16	55	4	3	260	1300	50	600							
哲水蚤（*Calanus finmarchicus*）	17.6	760	12	21	165	3	10		575	<1	1350							
哲水蚤混有约50%浅海浮游植物	36.3	325	36	54	70	80	70		75	90	300							
节肢动物磷虾目																		
磷虾（*Euphausia krohnii*）	18.6	440	17	45	6	5	9	<1	20	<1	600							
毛颚动物																		
箭虫（*Sagitta elegans*）	21.6	130	3	13	480	110	3	1	300	20	1100							
被囊亚门																		
纽鳃樽（*Salpa fusiformis*）	77.1	50	1	7	60	1	1	1	3	8	500							
混合浮游动物（平均浓度引自Martin和Knauer，1973）					8.4			2.1			11.5	0.11	2.3	0.26	4.3	100	180	15

摘自：Riley, J.P. and Skirrow, G. (1975) .*Chemical Oceanography*.Vol.1.p.484.2nd Ed.

现代沉积剖面中有机碳、总氮、有机氮、固定NH_4-N和氨基酸-N的变化[1)]

深度 (cm)	有机碳 (%)	总氮 (%)	有机氮 (%)	NH_4-N (%N)	氨基酸-N (ppm)	有机碳/总氮	有机碳/有机氮
2	0.92	0.120	0.110	8.3	305	7.6	8.3
10	0.68	0.080	0.070	12.5	230	8.5	9.7
20	0.58	0.072	0.055	23.6	220	8.1	10.5
30	0.59	0.067	0.050	25.4	185	8.8	11.8
33	0.63	0.064	0.048	25.0	165	9.8	13.1
36	0.65	0.066	0.051	22.7	155	11.2	12.7
38	0.75	0.067	0.056	16.4	155	11.9	13.4
40	0.81	0.068	0.055	19.1	160	11.8	14.7
43	0.79	0.067	0.054	19.4	180	10.5	14.6
50	0.68	0.065	0.054	16.9	185	8.7	12.6

1) 样品采自阿根廷海盆V-15-142柱样。在较大深度上虽然继续变化，但波动较大，已接近晚更新世的冰川推进期。

摘自：Stevenson, F. J. and Cheng, C. N. (1972), *Geochim. Cosmochim. Acta*, 36, 653.

黑海沉积物中的总氨基酸、己糖胺和氨[1)]

$a\times10^3$	0–3 (4)[2)]	3–7 (9)	7–8 (7)	8–9 (9)	9–10 (6)	10–11 (9)	13–17 (4)
天门冬氨酸	109	105	145	177	159	166	151
苏氨酸	64	48	42	56	69	63	67
丝氨酸	61	44	40	56	74	71	70
谷氨酸	86	86	103	92	99	117	110
脯氨酸	60	52	40	37	40	39	47
甘氨酸	138	127	160	155	151	157	150

续 表

a×10³	0-3 (4)[2]	3-7 (9)	7-8 (7)	8-9 (9)	9-10 (6)	10-11 (9)	13-17 (4)
丙氨酸	115	121	124	110	113	112	104
胱氨酸	7	6	7	7	10	9	6
缬氨酸	67	78	76	68	64	66	59
蛋氨酸	12	11	5	3	5	4	3
别异白氨酸	1.2	3.1	3.7	1.9	1.3	2.4	2.9
异白氨酸	45	57	46	36	35	31	28
白氨酸	76	91	71	55	58	54	52
酪氨酸	26	25	12	8	6	9	9
苯基丙氨酸	42	54	36	30	20	23	30
β丙氨酸	9	4	13	13	14	13	16
赖氨酸	61	53	58	69	61	45	67
组氨酸	1	1	1	1	1	1	1
精氨酸	21	32	19	25	21	18	21
总氨基酸（$mg\ g^{-1}$，干重）	16.7	36.8	2.99	1.64	1.73	0.66	0.40
己糖胺（$mg\ g^{-1}$）	1.81	1.13	0.30	0.40	0.39	0.25	0.16
氨（$mg\ g^{-1}$）	0.22	0.49	0.20	0.13	0.12	0.08	0.11
有机碳%	7.1	16.4	1.6	1.1	0.70	0.67	0.54
有机氮%	0.62	1.23	0.15	0.09	0.07	0.06	0.05
C/N比值	11.5	13.3	11	12	10	11	11
氨基酸/腐植酸比值	9	33	10	4	4	3	3
氮回收率%	38	44	42	41	36	29	29

1) 千分之残余物.

2) （ ）样品数.

摘自：Riley, J. P. and Chester, R. (1976), *Chemical Oceanography*, Vol. 6, p. 106, 2nd Ed.

沉积物中碳水化合物的组成

(mol%) (HCl水解)

糖[2]	Rh	Fu	Ri	A	X	M	Ga	Gl
阿根廷海盆<5m (7) [1]	8.4	9.6	4.8	10.2	10.5	13.7	24.2	18.4
百慕大表层	10.7	9.8	4.1	8.9	12.6	16.8	23.8	13.1
纽约新月湾表层	9.1	8.1	1.6	8.6	12.9	15.1	21.5	23.1
黑海（海底）0.15m	4.8	7.6	9.6	4.6	16.3	23.7	20.0	13.3
黑海（过渡带）0.65—70m	15.1	10.9	5.5	8.9	12.6	10.0	18.3	18.8
黑海（新鲜）1.30m	12.5	6.3	1.8	10.4	10.0	14.6	22.9	21.9
卡里亚科海沟<40m (7)	11.0	9.2	3.5	5.5	9.7	19.3	28.0	13.6
卡里亚科海沟67—130m (2)	8.9	4.8	0.7	9.9	12.3	23.9	23.2	17.2
基伍湖1.25m	5.3	3.0	0.5	2.9	3.7	5.3	36.9	42.5
基伍湖2.0—9.3m (3)	11.3	8.0	1.0	7.0	12.0	15.6	20.3	25.1
牡蛎塘	11.1	6.8	0.9	10.2	11.3	13.3	20.2	26.1
鲸鱼湾表层	15.7	12.7	2.3	6.1	9.4	8.2	26.9	18.6

1) （ ）代表样品数.

2) Rh——鼠李糖　　A——阿戊糖　　Ga——半乳糖

Fu——岩藻糖　　X——木糖　　Gl——葡萄糖

Ri——核糖　　M——甘露糖

摘自：Riley, J. P. and Chester, R. (1976). *Chemical Oceanography*. Vol. 6. P. 88. 2nd Ed.

在表层沉积物、腐植酸和油母质中氨基酸和己糖胺的分布[1)]

	百慕大(伍兹霍尔)(14)[2)]	纽约新月湾(3)	卡里亚科海沟(3)	鲸鱼湾(1)	阿根廷海盆(4)	黑海(4)	阿拉伯海(5)	腐植酸 HCl (3)	油母质 HCl+EDTA (2)	基伍湖(3)
OH-辅氨酸	22	—	nd.[3)]	—	nd.	—	19	—	—	—
天门冬氨酸	83	108	101	121	125	109	78	142	61	82
苏氨酸	76	81	36	55	60	64	57	53	42	67
丝氨酸	87	96	47	97	84	61	63	86	138	61
谷氨酸	67	95	76	73	57	86	71	110	6	79
辅氨酸	39	55	71	50	31	60	74	25	2	65
甘氨酸	228	173	144	171	156	138	247	179	671	130
丙氨酸	111	90	112	95	128	115	107	110	16	131
胱氨酸	7	7	6	2	3	7	18	9	—	2
缬氨酸	62	53	54	45	124	67	58	43	12	78
蛋氨酸	11	10	23	20	15	12	9	22	—	13
异白氨酸	27	29	38	23	33	46	33	14	5	56
白氨酸	35	46	81	49	44	76	45	47	2	92
酪氨酸	9	29	23	24	8	26	9	6	—	35

苯基丙氨酸	15	43	59	31	19	42	15	10	—	53
β丙氨酸	25	—	—	—	—	9	19	3	—	1
鸟氨酸	24	nd.	—	—	nd.	—	24	14	—	—
赖氨酸	47	41	81	89	80	61	37	78	55	32
组氨酸	14	3	10	3	2	1	9	22	—	6
精氨酸	13	41	39	51	29	21	2	28	—	18
总氨基酸（mgg^{-1}，干重）	0.92	6.13	6.31	17.03	0.25	16.70	0.45	6.14	0.23	46.1
葡糖胺（mgg^{-1}） 半乳糖胺（mgg^{-1}）	0.031 0.034	0.42 0.32	4.16	3.56 1.65	0.38	1.81	0.059	0.73 0.83	— —	1.70
氨（mgg^{-1}）	0.062	0.16	0.21	0.34	0.035	0.22	0.014	0.70	0.091	0.23
有机碳%	0.38	1.67	5.10	5.90	0.50	7.10	0.84	80.1	88.3	12.6
有机氮%	0.073	0.15	0.50	0.81	0.065	0.62	0.093	2.81	3.73	1.06
C/N比值	5.2	11.1	10.2	7.3	7.7	11.5	9.0	21.4	23.7	11.9
氨基酸/腐植酸比值	14.1	8.4	1.5	3.3	0.67	9.0	7.6	3.9	—	27
N回收率%	25	67	28	41	17	38	9	6	0.8	59

1）千分之残余物。

2）（ ）样品数。

3）nd.＝未测定。

摘自：Riley, J. P. and Chester, R. (1976). *Chemical Oceanography*, Vol. 6, p. 89, 2nd Ed.

悬浮颗粒性物质

世界大洋表层水中总悬浮颗粒性物质的浓度

大洋地区	样品数	浓度 (μg l^{-1})		时 间
		范 围	平 均	
北大西洋东部边缘	25	121—1168	467	4月、7月
南大西洋开阔海面	23	67—448	150	4月、7月
印度洋开阔海面	30	43—110	66	4月、6月
中国海	22	29—333	127	5月、6月
开阔海面（平均）	75	29—448	110	—
近岸地区（平均）	37	84—3641	1050	—

摘自：Chester, R. and Stoner, J. H. (1972), *Nature*, *Lond.* 240, 552.

海水表层（0—5m）总颗粒物质、海洋有机体和海洋沉积物中痕量元素浓度（ppm，干重）

痕量元素	表层总颗粒物质					近岸泥	大西洋深海粘土	海洋有机体
	北大西洋	南大西洋	印度洋	中国海	平均			
Mn	145	85	385	1501	529	850	4000	9.3
Cu	74	52	202	107	109	48	130	27
Co	11	16	14	12	13	13	38	<1
Ga	4	3	3	8	5	19	21	<1
V	38	69	60	86	63	130	130	<3
Ba	191	72	77	166	126	750	700	60
Pb	52	72	44	63	58	20	45	20
Zn	159	260	231	232	220	95	130	257
有机碳%	24	18	14	12	17	—	—	—

摘自：Riley, J. P. and Chester, R. 1976. *Chemical Oceanography*, Vol. 6. p.359. 2nd Ed.

大洋整个水柱中悬浮颗粒的重量——浓度数据

水 体	样品数	范围 (μg l^{-1})	平均 (μg l^{-1})
北大西洋	88	0.5—247	49
南大西洋	52	1.5—197	51
北太平洋	145	0.5—152	37
南太平洋	78	4.5—86	30
印度洋	37	9—177	72
加勒比海	25	0.5—139	40
墨西哥湾	11	12.5—193	66

摘自：Jacobs, M. B. and Ewing, M. (1969). *Science*, N. Y. 163, 380

河流悬浮沉积物痕量元素的平均组成(ppm)

河　流	Mn	Ni	Co	Cr	Ag	Mo
密西西比河以西3条美国河流	596	25	15	73	0.4	9
罗纳河（法）	820	60	29	150	0.7	14
密西西比河以东14条美国河流	4971	150	40	220	2.6	23
迈波河（智利）	2400	40	76	68	1.0	44
页　岩	850	68	19	90	0.1	2.6

河　流	Al	Fe	Mn	Ni	Co	Ga	Cu	Cr	Mo	Pb	Zn	V
亚马孙河	115 000	53 800	390	58	15	19	375	116	0.7	105	426	232
刚果河	100 000	51 500	1200	74	20	25	350	141	4	455	490	163
恒河	77 000	37 000	1060	—	14	—	—	71	—	—	—	—
湄公河	112 000	55 700	940	99	20	28	107	102	2	113	300	—
澳里诺科河	113 000	57 500	740	30	10	28	73	70	—	76	119	127
平均	86200	43800	700	65	16	25	226	100	2.2	187	310	97

摘自：Riley, J. P. and Chester, R. (1976). *Chemical Oceanography*, Vol. 6, P. 312, 2nd Ed.

沉　积　物

大洋海盆中主要沉积物的含量

地　区	平均值（%）				
	高岭土	绿泥石	蒙脱石	伊利石	石英
北大西洋	20	10	16	56	13
墨西哥湾	12	18	45	25	—
加勒比海	24	11	27	36	—
南大西洋	17	11	26	47	11
北太平洋	8	18	35	40	10
南太平洋	8	13	53	26	4
印度洋	16	10	47	30	8
孟加拉湾	12	14	45	29	—
阿拉伯海	9	18	28	46	—

摘自：Riley, J. P. and Chester, R. (1976). *Chemical Oceanography*. Vol. 5. p. 107—124. 2nd Ed.

深海沉积物所覆盖的世界大洋的相对面积(%)

	大西洋	太平洋	印度洋	总含量
有孔虫软泥	65.1	36.2	54.3	47.1
翼足类软泥	2.4	0.14	—	0.6
硅藻软泥	6.7	10.1	19.9	11.6
放射虫软泥	—	4.6	0.5	2.6
含氧泥质岩（红粘土）	25.8	49.1	25.3	38.1
大洋的相对大小（%）	23.0	53.4	23.6	100.0

摘自：Riley, J. P. and Chester, R. (1976) *Chemical Oceanography*. Vol. 5. P. 305. 2nd Ed.

深海沉积物不同组分中的主要矿物[1)]

岩石成因组分	水成组分		生物成因组分	宇成组分
	原生	次生		
粘土矿物	*铁锰结核*	*蒙脱石*（包括绿脱石）	*碳酸盐*	*宇宙球*
石英	*氧化铁*	*沸石*	*蛋白石*	
长石	*氧化锰*		磷灰石	
云母	细晶磷灰石			
角闪石	重晶石			
辉石	天青石			
火山物质	方解石			
金红石	文石			
锐钛矿	白云石			
赤铁矿	溢生石英			
针铁矿	锐钛矿（?）			
方解石				
白云石				
氧化铁				
氧化锰				

1）在下边加线的，在数量上为重要的矿物。

摘自：Riley, J, P. and Chester, R. (1976). *Chemical Oceanography*. Vol. 6. p. 306. 2nd Ed.

深海沉积矿物中主要元素分布

元素	岩成矿物			水成矿物		生物成因矿物	宇成矿物	在深海沉积物中的平均含量（氧化物wt%）
	抗侵蚀矿物	风化残余	火成、变质和沉积矿物以及火山矿物	原生	次生			
Si	石英	粘土矿物	云母、长石、角闪石、辉石、火山物质	—	沸石、蒙脱石	蛋白石	—	SiO_2，42.7
Al	—	粘土矿物	云母、长石、角闪石、辉石、火山物质	—	沸石、蒙脱石	—	—	Al_2O_3，12.3
Ti	金红石锐钛矿	粘土矿物	云母、长石、角闪石、辉石、火山物质	锐钛矿、铁-锰结核	沸石、蒙脱石	—	—	TiO_2，0.59
Na,K	—	粘土矿物	云母、长石、角闪石、辉石、火山矿物	—	沸石、蒙脱石	—	—	Na_2O,1.1K_2O,2.1
P	—	粘土矿物	云母、长石、角闪石、辉石、火山物质	碳酸盐	沸石、蒙脱石	磷酸盐	—	P_2O_5，0.16
Ca	—	粘土矿物	云母、长石、角闪石、辉石、方解石、白云石、火山物质	碳酸盐、磷酸盐	沸石、蒙脱石	碳酸盐	—	CaO，0.75
Mg	—	粘土矿物	云母、长石、角闪石、辉石、方解石、白云石、火山物质	碳酸盐	沸石、蒙脱石	碳酸盐	—	MgO，2.18
Fe	—	粘土矿物	云母、长石、角闪石、辉石、火山物质、铁氧化合物（作为其他矿物、皮壳和呈散布颗粒）	铁-锰结核针铁矿	沸石、蒙脱石	作为氧化物皮壳与钙质介壳碎屑伴生	宇宙小球	Fe_2O_3,24.89
Mn	—	粘土矿物	云母、长石、角闪石、辉石、火山物质、锰氧化物（作为其他矿物的皮壳和呈散布颗粒）	铁-锰结核、锰的氧化物	沸石、蒙脱石	作为氧化物皮壳与钙质介壳碎屑伴生	—	MnO_2，0.41

摘自：〔1〕Chester, R. (1972b). *New Scientist*, 706. 〔2〕Chester, R. (1972a). In *The Changing Chemistry of the Oceans* (20th Nobel Symposium) (D.Dyrssen and D.Jagner,eds.) Almqvist and Wiksell, Stockholm, p. 291. 〔3〕El Wakeel, S. K. and Riley, J. P. (1961). *Geochim. Cosmochim. Acta*. 25, 110.

深海沉积物中痕量元素的浓度(ppm)

元　素	深海碳酸盐	深海粘土
Li	5	57
Be	X	2.6
B	55	230
Sc	2	19
V	20	120
Cr	11	90
Mn	1000	6700
Fe	9000	65 000
Co	7	74
Ni	30	225
Cu	30	250
Zn	35	165
Ga	13	20
Ge	0.2	2
As	1	13
Se	0.17	0.17
Rb	10	110
Sr	2000	18
Y	42	9
Zr	20	150
Nb	4.6	14
Mo	3	27
Ag	X	0.11
Cd	0.23	0.21
In	0.02	0.08
Sn	X	1.5
Sb	0.15	1.0
Cs	0.4	6

续 表

元　素	深海碳酸盐	深海粘土
Ba	190	2300
La	10	115
Ce	35	345
Pr	3.3	33
Nd	14	140
Sm	3.8	38
Eu	0.6	6
Gd	3.8	38
Tb	0.6	6
Dy	2.7	27
Ho	0.8	7.5
Er	1.5	16
Tm	0.1	1.2
Tb	1.5	15
Lu	0.5	4.5
Hf	0.41	4.1
Re	0.004	0.001
Hg	0.46	0.32
Tl	0.16	0.8
Pb	9	80
Th	—	5
U	—	1

摘自：Riley, J. P. and Chester, R. (1976). *Chemical Oceanography*. Vol. 6. p. 287. 2nd Ed.

深海沉积物中痕量元素的平均分布(ppm)

痕量元素	近岸泥	深海碳酸盐	大西洋深海粘土	太平洋深海粘土	活动海岭沉积物	铁锰结核
Cr	100	11	86	77	55	10
V	130	20	140	130	450	590
Ga	19	13	21	19	—	17
Cu	48	30	130	570	730	3300
Ni	55	30	79	293	430	5700
Co	13	7	38	116	105	3400
Pb	20	9	45	162	—	1500
Zn	95	35	130	—	380	3500
Mn	850	1000	4000	12 500	60 000	220 000
Fe	69 900	9000	82 000	65 000	180 000	140 580

摘自：Riley, J. P. and Chester, R.(1976). *Chemical Oceanography*. Vol. 6. p. 305. 2nd Ed.

世界大洋深海沉积物(碳酸盐物质除外)的沉积速率

大洋区	速率 (mm/10³a)	
	(a)	(b)
南太平洋	~0.45	~1.0
北太平洋	~1.5	~5.8
南大西洋	~1.9	~6.0
北大西洋	~1.8	~5.7
印度洋	—	~4.4

(a) 1962—1964年资料.

(b) 1968年资料.

摘自：(1) Goldberg, E. D. and Koide, M. (1962). *Geochim. Cosmochim. Acta*, 26, 417.

(2) Golbderg, E. D. and Griffin, J. J. (1964) *J. Geophys. Res.* 69, 4293.

(3) Ku, T. L., Broecker, W. S. and Opdyke, N. (1968). *Earth Plant. Sci. Lett.* 4, 1.

太平洋深海沉积物的起源

范围	平均	面积 $10^6 km^2$	研究面积 %	深部太平洋总面积的估计%
A. 大陆影响%，即大陆来源				
95—100	~100	43.2	44.1	58
80—95	87	21.7	22.0	22
40—80	60	26.3	25.7	15
10—40	25	5.0	5.1	3
0—10	5	3.1	3.1	2
		—	—	—
		98.3	100	100

范围	平均	面积 $10^6 km^2$	研究面积 %	深部太平洋总面积的估计%
B．海底喷气影响%，即活动海岭来源				
80-100	90	1.2	1.2	0.72
40-80	60	11.9	12.5	7.2
10-40	25	16.6	16.8	10
C．玄武岩影响%，即洋壳来源				
0-15	7.5	14.0	14.3	8.5
15-30	22	3.5	3.6	2.1
>30	31	1.2	1.2	0.72

摘自：Boström, K., Kraemer, T. and Gartner, S. (1973b). *Chem. Geol.* 11, 123.

含矿深海沉积物中痕量元素的浓度(ppm，除去碳酸盐)

痕量元素	东太平洋海隆顶部	东太平洋海隆翼部	东太平洋海隆翼部	中央北太平洋	中央太平洋鲍厄海渊	中大西洋海岭
Fe	180 000	105 000	175 000	236 000	141 000	79 600
Mn	60 000	30 000	45 000	66 600	46 000	4100
Cu	730	960	917	1070	910	—
Ni	430	675	535	630	820	—
Co	105	230	83	86	67	—
Pb	—	—	145	—		—
Zn	380	290	358	600	330	—
V	450	240	—	—	—	—
Hg	—	—	—	—	—	414
As	145	65	—	—	—	174
Cd	4	1	—	—	—	—
Mo	30	113	—	—	—	—
Cr	55	32	—	16	13	—
Al	5000	46 300	—	23 900	23 100	57 900

摘自：Riley, J. P. and Chester, R. (1976). *Chemical Oceanography*. Vol. 6. p. 342. 2nd Ed.

西北太平洋含矿深海沉积物中元素的浓度(ppm，除去碳酸盐)

痕量元素	文石石灰岩	针铁矿石灰岩	棕色粘土	暗色粉砂粘土	火山接触带红色沉积物	玄武岩裂隙的氧化铁
Fe	170 200	238 000	73 000	44 000	61 000	—
Mn	59 900	41 600	12 800	936	5460	4380
Cu	870	1550	560	143	38	317
Zn	437	2	86	118	541	197
Ni	795	257	135	33	73	—
Co	167	44	35	28	69	—
Cr	33	15	15	20	12	—
Pb	181	38	34	7	4	—

摘自：Natland, J. H. (1973). In *Initial Reports, Deep-Sea Drilling Project*, Vol. XIX. Washington.

东太平洋海隆含矿深海沉积物中的元素浓度(ppm，样品除去了碳酸盐)

痕量元素	东太平洋海隆顶部的含矿沉积物	东太平洋海隆翼部的含矿沉积物	太平洋深海粘土的平均成分
Fe	180 000	105 000	65 000
Mn	60 000	30 000	12 500
Cu	730	960	570
Ni	430	675	293
Co	105	230	116
Zn	380	290	—
V	450	240	130
As	145	65	—
Cd	4	1	—
Mo	30	113	18
Cr	55	32	77
Si	61 000	140 000	263 000
Al	5000	46 300	83 000
Ti	200	2350	3400

摘自：Riley, J. P. and Chester, R. (1976). *Chemical Oceanography*. Vol. 6. P. 338. 2nd Ed.

印度洋火山碎屑和深海沉积物中的痕量元素(ppm)

	玄武岩质火山碎屑	蚀变玄武岩质火山碎屑	碎屑粘土
Fe	72 988	95 253	46 000
Mn	968	880	2100
Cu	142	118	105
Ni	85	39	96
Co	59	67	70
Cr	163	91	88
Zn	79	138	<88

摘自：Riley, J. P. and Chester, R. (1976). *Chemical Oceanography*, Vol. 6. p. 323. 2nd Ed.

缺氧沉积物的化学成分[1]

	1[2]	2[3]	3
SiO_2	39.0	34.85	32.5
Al_2O_3	14.2	8.77	8.97
TiO_2	0.72	0.43	0.29
Fe_2O_3[4]	7.7	10.43	4.82
CaO	2.2	7.30	20.92
MgO	2.7	1.83	2.21
Na_2O	0.3	0.93	1.61
K_2O	4.3	2.27	1.72
MnO	5.2	4.78	0.068
P_2O_5	0.23	0.61	0.27

续 表

	1[1]	2[3]	3
CO_2	4.7	6.45	16.23
S	2.8	4.26	2.90
	4.6	5.44	2.25
As	—	71	—
Ba	750	552	265
Co	22	60	—
Cr	90	107	107
Cu	78	135	45
Mo	35	26	26
Ni	43	45	108
Pb	25	167	10
Rb	150	87	72
Sr	130	368	842
V	130	276	—
Y	—	23	7
Zn	110	944	76
Zr	—	112	78

1. ——波罗的海哥德兰海盆，用X射线荧光和发射光谱仪结合C、CO_2和S的标准化化学技术分析．

2. ——挪威本内峡湾，用X射线荧光光谱仪和气体定量法（C和CO_2）分析．

3. ——黑海除CO_2和C用气体定量法测定外，其余由X射线荧光光谱仪分析．

1) 常量元素氧化物为wt%；微量元素为ppm．

2) 对孔隙水的成分作了校正．

3) 对孔隙水成分和干样中盐的稀释效应作了校正．

4) Fe_2O_3表示全铁．

摘自：Riley, J. P. and Chester, R. (1976). *Chemical Oceanography*. Vol. 6. P. 254. 2nd Ed.

远洋沉积物的平均化学组成[1]（氧化物为wt%）

	原始组成				除去碳酸盐、水和有机碳基础上的组成			
	钙质	岩成粘土	硅质	大洋平均	钙质	岩成粘土	硅质	大洋平均[2]
SiO_2	26.96	55.34	63.91	42.72	59.86	60.44	70.61	61.52
TiO_2	0.38	0.84	0.65	0.59	0.94	0.92	0.72	0.90
Al_2O_3	7.97	17.84	13.30	12.23	18.34	19.06	14.72	18.12
Fe_2O_3	3.00	7.04	5.66	4.80	9.77	8.93	7.08	9.09
FeO	0.87	1.13	0.67	0.94	—	—	—	—
MnO	0.33	0.48	0.60	0.41	0.75	0.52	0.55	0.64
CaO	0.30	0.93	0.75	0.60	1.04	1.01	0.83	1.00
MgO	1.23	3.42	1.95	2.18	3.05	3.73	2.17	3.19
Na_2O	0.80	1.53	0.94	1.10	2.50	1.67	0.93	1.98
K_2O	1.48	3.26	1.90	2.10	3.29	3.56	2.09	3.23
P_2O_5	0.15	0.14	0.27	0.16	0.46	0.16	0.30	0.33
H_2O	3.91	6.54	7.13	5.35	—	—	—	—
$CaCO_3$	50.09	0.79	1.09	24.87	—	—	—	—
$MgCO_3$	2.16	0.83	1.04	1.51	—	—	—	—
Org.C.	0.31	0.24	0.22	0.27	—	—	—	—
Org.N.	—	0.016	0.016	0.015	—	—	—	—
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Total Fe_2O_3	3.89	8.23	6.42	—	—	—	—	—

1）数据是在对世界主要大洋25个远洋沉积物的分析基础上给出的.

2）重量平均在区域基础上算出，远洋底覆盖沉积物百分比：钙质48.7%、岩成粘土37.8%、硅质13.5%.

摘自：El Wakeel, S. K. and Riley, J. P. (1961), *Geochim. Cosmochim. Acta*, 25, 110.

海洋有机物(ppm，干重)和深海沉积物(ppm)中痕量元素的浓度

元素	加利福尼亚蒙特里湾浮游植物	加利福尼亚蒙特里湾浮游动物	北太平洋浮游动物	北太平洋显微浮游生物	北大西洋表层浮游动物	海洋有机体平均	近岸泥平均	深海粘土平均
Fe	49—3120	54—1070	90—1720	1030—4000	567—1467	862	69 000	65 000
Mn	2.1—30	2.2—12	2.9—7.1	3.4—32	N.D.—23	9.3	850	6700
Cu	1.3—45	4.4—23	6.2—58	40—104	10—90	27	48	250
Ni	<0.5—13	<0.5—12	5—13	11—12	15—77	17	55	225
Co	<1	<1	<1	<1	8—20	<1	13	74
Cr	<1—21	<1	<1	<1—3.7	—	<1	100	90
V	<3	<3	<3	<3	—	<3	130	120
Ba	5—500	4—257	10—97	51—70	—	60	750	2300
Sr	53—3934	83—810	380—3000	6800—9650	57—520	862	<250	180
Pb	<1—47	<1—12	22—14	17—39	N.D.—123	20	20	80
Zn	3—703	53—279	60—750	285—4190	120—400	257	95	165
Cd	0.4—6	0.8—10	1.9—3.5	1.0—2.2	2—9	4.8	—	0.21
Hg	0.10—0.59	0.07—0.16	0.04—0.45	0.11—0.53	—	0.16	—	0.32
Al	7—2850	<8—313	9—31	72—108	—	159	80 000	84 000

N. D. —未检出。
摘自：Riley, J. P. and Chester, R. (1976), *Chemical Oceanography*, Vol. 6. p. 355. 2nd Ed.

太平洋结核的平均化学组成与海水和地壳中元素的比较(wt%)

元素	结核		海水	地壳	玄武岩	花岗岩	现代沉积物	
	a	b					碳酸盐的	红粘土
B	—	0.029	4.5×10^{-4}	5×10^{-3}	0.0005	0.008	0.0055	0.023
Na	—	2.6	1.05	2.40	1.8	2.71	2.0	4.0
Mg	1.47	1.7	0.13	2.35	4.6	5.5	0.4	2.1
Al	2.87	2.9	1×10^{-6}	7.45	7.8	7.7	2.0	8.4
Si	8.05	9.4	—	—	23.0	33.0	3.2	25.0
P	0.18	—	可变	0.12	0.11	0.076	0.035	0.15
K	—	0.8	3.8×10^{-2}	2.35	0.83	3.6	0.29	2.5
Ca	1.81	1.9	4×10^{-2}	3.25	7.6	1.29	31.24	2.9
Sc	—	0.001	4×10^{-7}	6×10^{-4}	0.003	0.001	0.0002	0.0019
Ti	0.60	0.67	1×10^{-7}	0.61	1.3	0.23	0.077	0.46
V	—	0.054	3×10^{-7}	0.02	0.0230	0.0066	0.002	0.012
Cr		0.001	1×10^{-8}	0.03	0.017	0.0013	0.0011	0.009

Mn	19.18	24.2	2×10^{-7}	0.10	0.15	0.0046	0.1	0.67
Fe	12.16	14.0	1×10^{-7}	4.20	8.65	2.19	0.9	6.5
Co	0.36	0.35	4×10^{-6}	2×10^{-3}	0.0048	0.0004	0.0007	0.0074
Ni	0.47	0.99	2×10^{-7}	0.02	0.013	0.001	0.003	0.022
Cu	—	0.55	2×10^{-7}	0.01	0.0087	0.002	0.003	0.025
Zn	—	0.047	5×10^{-7}	0.02	0.01	0.005	0.0035	0.016
Ga	—	0.001	3×10^{-9}	1×10^{-4}	0.0017	0.0017	0.0013	0.002
Sr	—	0.081	8×10^{-4}	0.035	0.046	0.027	0.2	0.018
Y	—	0.018	—	—	0.0021	0.0038	0.0042	0.009
Zr	—	0.063	—	0.025	0.014	0.016	0.002	0.015
Mo	—	0.052	1.2×10^{-2}	1×10^{-3}	1.1×10^{-4}	1.1×10^{-4}	0.0003	0.0027
Ag	—	0.0003	1.5×10^{-8}	1×10^{-5}	1.1×10^{-5}	4×10^{-5}	1×10^{-5}	1.1×10^{-5}
Ba	—	0.18	5×10^{-8}	0.05	0.033	0.063	0.019	0.25
La	—	0.016	3×10^{-9}	—	0.0015	0.005	0.001	0.011
Yb	—	0.0031	—	—	2×10^{-4}	4×10^{-6}	0.0001	0.0015
Pb	—	0.09	5×10^{-7}	1.6×10^{-3}	6×10^{-4}	0.0017	9×10^{-4}	0.008

摘自：Skornyakova, N. S., Andrushchenko, P. F. and Fumina, L. S., (1964), *Deep-Sea Res.*, 11, 93.

进入海洋的不同固相物质的痕量元素平均组成及某些深海沉积物的相应数值(ppm)

痕量元素	河流搬运沉积物	冰搬运沉积物	风搬运尘埃	大洋岩性玄武岩	大洋拉斑玄武岩	蚀变玄武岩碎屑	宇宙小球	近岸泥	大西洋深海粘土	太平洋深海粘土
Cr	100	90	67	67	297	91	<200 700	100	86	77
V	97	186	103	252	282	—	—	130	140	130
Ga	25	—	22	22	17	—	—	19	21	19
Cu	226	116	79	36	77	118	—	48	130	570
Ni	65	39	43	51	97	39	{4100 775 000}	55	79	293
Co	16	25	11	25	32	67	{2000 11 900}	13	38	116
Pb	187	<50	140	—	—	—	—	20	45	162
Zn	310	<200	338	—	—	—	—	95	130	—
Mn	700	1143	1813	1084	1239	880	{<200—810}	850	4000	12 500
Fe	43 800	33 000	58 000	82 600	76 800	92 253	{216 000—710 010}	69 000	82 000	65 000

摘自: Riley, J. P. and Chester, R. (1976), *Chemical Oceanography*, Vol. 6, P. 326, 2nd Ed.

悬浮沉积物进入大洋的河流排放量

来自大陆的悬浮沉积物的河流排放量

大陆	向大洋排放的区域面积 ($10^6 km^2$)	悬浮沉积物年排放量 ($g \times 10^{13}$)	悬浮沉积物年排放量 ($kg\ km^{-2}$陆地表面)
亚洲	26.6	1600	600×10^3
北美洲	20.4	200	96×10^3
南美洲	19.2	120	62×10^3
非洲	19.7	54	27×10^3
欧洲	9.2	32	35×10^3
澳洲	5.1	23	45×10^3

摘自：Holeman, J. N. (1968). *Water Resour. Res.* 4, 737.

河流和空气从大陆带入海洋的铝硅酸碎屑的组成

矿　　物	化　　学　　组　　成
石英	SiO_2
正长石	$KAlSi_3O_8$
斜长石	$xNaAlSi_3O_8 + (1-x)\ CaAl_2Si_2O_8$
高岭石	$Al_2Si_2O_5\ (OH)_4$
伊利石	$KAl_3Si_3O_{10}\ (OH)_2$
蒙脱石	$Al_2Si_4O_{10}\ (OH)_2 \cdot xH_2O$
绿泥石	$Mg_5Al_2Si_3O_{10}\ (OH)_8$

摘自：Broecker, W. S. (1974). *Chemical Oceanography*. p. 32.

海绿石的化学组成[1]

	1	2	3	4
SiO_2	48	50.85	51.5	48.66
TiO_2	0.3	—	—	—
Al_2O_3	13.5	8.92	23.6	8.46
Fe_2O_3	19.0[2]	24.40	10.0	18.80
FeO	—	1.66	3.7	3.98
CaO	1.1	1.26	0.05	0.62
MgO	3.2	3.13	2.0	3.56
K_2O	2.9	4.21	4.8	8.31
Na_2O	0.3	0.25	0.62	0.0
P_2O_5	—	—	—	—
H_2O^+	9	5.55	4.7	6.56
H_2O^-	—		—	—

1.——尼日尔三角洲的"现代"海绿石.

2.——澳大利亚东部陆架"挑战者"号164号考察站的海绿石.

3.——加利福尼亚有序度差的1Md型海绿石.

4.——密苏里州有序度好的1M型寒武纪海绿石.

1) 数据表示wt%.

2) Fe_2O_3表示全铁.

摘自: Riley, J. p. and Chester, R. (1976). *Chemical Oceanography*. Vol. 6. p. 227. 2nd Ed.

鲕绿泥石的化学组成[1]

	1	2	3	4
SiO_2	50	32.00	20.62	23.81
TiO_2	0.4	0.23	0.72	—
Al_2O_3	8	10.05	11.96	23.12
Fe_2O_3	20[2]	38.10[2]	5.11	0.23
FeO	—	—	25.98	39.45
CaO	0.5	0.72	11.50	—

续 表

	1	2	3	4
MgO	8.3	4.70	3.07	2.72
K_2O	0.5	1.30	0.00	—
Na_2O	0.3	—	0.09	—
P_2O_5	—	0.81	5.11	—
MnO	0.22	1.68	0.30	—
H_2O^+	11.0	—	8.36	10.67
H_2O^-	0.4	—	3.56	—
Ba	120	210	—	—
Ce	—	420	—	—
Co	90	—	—	—
Cr	110	10	—	—
Cu	30	160	—	—
Nb	—	20	—	—
Nd	—	15	—	—
Ni	150	76	—	—
Pb	—	130	—	—
Rb	—	11	—	—
Sr	120	48	—	—
V	280	—	—	—
Y	—	31	—	—
Zn	—	380	—	—
Zr	—	0	—	—

1.——尼日尔三角洲的现代鲕绿泥石，针铁矿和石英呈杂质存在，用发射光谱仪分析。

2.——苏格兰埃蒂弗湖的现代鲕绿泥石用X射线荧光光谱仪分析，未经处理和酸沥。

3.——苏格兰拉锡的侏罗纪鲕绿泥石由湿化学法分析。

4.——英国北安普顿州的侏罗纪鲕绿泥石，由湿化学法分析，换算为无碳酸盐和硫酸盐组分。

1) 主要元素氧化物为wt%，微量元素为ppm。

2) Fe_2O_3表示全铁。

摘自：Riley, J. P. and Chester, R. (1976). *Chemical Oceanography*. Vol. 6. P. 233. 2nd Ed.

太平洋东缘某些表层和表层以下沉积物的组成

	表层沉积物[2]	表层以下沉积物[3]
SiO_2	26.2	22.1
TiO_2	0.2	0.17
Al_2O_3	5.8	4.5
Fe_2O_3	2.9	2.6
MgO	1.8	1.7
Na_2O	3.2	4.2
K_2O	9.74	0.71
MnO	3.9	0.26
P_2O_5	0.41	0.11
S	0.37	0.34
N	0.140	0.103
$CaCO_3$	38.4	52.16
B	89	64
Ba	3450	2450
Co	31	9
Cr	25	36
La	33	10
Ni	310	154
Sc	8	7
U	0.50	0.83
V	82	112
Y	21	17
Zr	46	31

1） 用原子吸收光谱仪（Fe、Mn、Ca、Mg、Na、K）、X射线荧光光谱仪（S）、光谱仪（Si、Al、Ti、P、B、Ba、Co、Cr、La、Ni、Sr、V、Y、Zr）、裂变径迹法（V）和基耶达技术（N）分析。量值单位主要元素为wt%；微量元素为ppm。

2） 表面到5cm深的4个样平均。

3） 11—23cm深的4个样平均。

摘自：Bonatti，E.，Fisher，D. E.，Joensuu，O. and Rydell，H. S.（1971），*Geochim. cosmo chim. Acta*，35，180.

海洋中来自沉积物和河流的溶解组分通量[1]（南冰洋、北冰洋和内陆海除外）

组分	D_0 (4℃) $(cm^2s^{-1})\cdot 10^6$	M gkg^{-1}	C_l gkg^{-1}	c_{50} gkg^{-1}	Δc_1 gcm^{-3}
Na^+	7.2	10.76	<10.8?	<10.8?	(-50×10^{-6})
K^+	10.7	0.387	0.38	0.36	-7×10^{-6}
Ca^{2+}	4.3	0.413	0.415[a]	0.45	-2×10^{-6}
Mg^{2+}	3.9	1.29	1.25	1.21	-40×10^{-6}
Cl^-	11.1	19.35	19.4	19.47	$+20\times10^{-6}$
SO_4^{2-}	5.2	2.71	2.50	2.23	-21×10^{-5}
HCO_3^-	6.4	0.14	0.19	0.27	$+50\times10^{-6}$
Br	11.0	0.067	0.069	0.069	$+2\times10^{-6}$
		μgkg^{-1}	μgkg^{-1}	μgkg^{-1}	
Sr^{2+}	4.3	7600	7800	13 300	$(+2\times10^{-7})$
SiO_4^{4-}-Si	5.4	3500	9000	10 000	$(+5.5\times10^{-6})$
O_2	14.2	1500	(100?)	0	-4.4×10^{-6}
PO_4^{3-}-P	4.6	75	300	500	$+2.2\times10^{-7}$
NH_4^+-N	10.8	10	2500	7000	$+2.5\times10^{-6}$
NO_3-N	10.4	42	200	—	$+1.6\times10^{-7}$
$H_2BO_3^-$	4.6	4600	4200	4000	-4.0×10^{-7}
F^-	7.9	1300	2400	—	$+1.1\times10^{-6}$
I^-	10.9	50	700	—	$+6.5\times10^{-7}$
Mn^{2+}	3.8	1	1000	1100	$+1.0\times10^{-6}$
Fe^{2+}	3.9	3.4	(20)	(46)	$(+17.0\times10^{-9})$
Co^{2+}	3.8	0.1	(1)	1.6	$(+0.9\times10^{-9})$
Cu^{2+}	4.0	0.9	(5)	17	$(+4.0\times10^{-9})$
Zn^{2+}	3.9	5	(25)	152	$(+20.0\times10^{-9})$
Ni^{2+}	3.7	4	(5)	22	$(+1.0\times10^{-9})$
Li^{2+}	5.7	170	(200)	210	$(+30.0\times10^{-9})$
Ba^{2+}	4.6	21	(100)	400	$(+80.0\times10^{-9})$
H^+	63.0	0.01	0.03	0.03	$(+2.0\times10^{-11})$
$(UO_2)^{2+}$	2.3	3	2.60	?	?

1）表中所用通量以下式作了编制：$F=D_0\dfrac{\Delta c}{\Delta x}t.A$

式中：F 自海底的总通量

D_0 特定离子的扩散系数 (cm^2s^{-1})，表中数值主要根据Li和Gregory (1974)。

Δc 特定高度上孔隙水中离子浓度与直接上覆海水中该离子浓度的差值 (gcm^{-3})。

Δx 离子由该高度迁移到沉积物表面的距离 (cm)。

t 1年中的秒数 (3.1×10^7)。

续 表

	Δc_{50} gcm^{-3}	Fc_1 ga^{-1}	Fc_{50} ga^{-1}	F_R ga^{-1}	Fc_1/F_R
Na^+	(50×10^{-6})	(-14.0×10^{13})	(-3.0×10^{12})	12×10^{13}	1.1
K^+	-30×10^{-6}	-2.8×10^{13}	-2.4×10^{12}	5×10^{13}	0.56
Ca^{2+}	-37×10^{-6}	$+3.0\times10^{13}$	-2.4×10^{12}	5×10^{13}	0.007
Mg^{2+}	-80×10^{-6}	-6.0×10^{13}	-2.4×10^{12}	11×10^{13}	0.55
Cl^-	$+120\times10^{-6}$	$+8.0\times10^{13}$	$+1.0\times10^{14}$	22×10^{13}	0.36
SO_4^{2-}	-43×10^{-5}	-41.0×10^{13}	-1.6×10^{13}	42×10^{13}	1.0
HCO_3^-	$+130\times10^{-6}$	$+12.0\times0^{13}$	$+5.2\times10^{12}$	21×10^{14}	0.057
Br^-	$+2\times10^{-6}$	$+8.0\times10^{12}$	$+1.6\times10^{11}$	7×10^{11}	10.4
Sr^{2+}	$+53.0\times10^{-7}$	$+3.0\times10^{11}$	$+1.7\times10^{11}$	18×10^{11}	0.27
SiO_4^{4-}-Si	$+6.5\times10^{-6}$	$+1.1\times10^{13}$	$+2.8\times10^{11}$	50×10^{13}	0.022
O_2	-4.5×10^{-6}	-2.6×10^{13}	$-5.0\times.0^{11}$	22×10^{13}	0.12
PO_4^{3-}-P	$+4.2\times10^{-7}$	$+3.8\times10^{11}$	$+1.3\times10^{10}$	7×10^{11}	0.54
NH_4^+_N	$+7.0\times10^{-6}$	$+1.0\times10^{13}$	$+1.5\times10^{12}$	21×10^{13}	0.048
NO_3^--N	—	$+6.3\times10^{11}$	—	36×10^{12}	0.018
$H_2BO_3^-$	-6.0×10^{-7}	-6.8×10^{11}	-2.0×10^{10}	70×10^{10}	1.0
F^-	(1.0×10^{-6})	$+4.2\times10^{12}$	$+8.0\times10^{10}$	17×10^{11}	2.5
I^-	—	$+2.5\times10^{12}$	—	7×10^{10}	0.36
Mn^{2+}	$+1.1\times10^{-6}$	$+1.4\times10^{11}$	$+3.1\times10^{9}$	35×10^{10}	0.40
Fe^{2+}	(-42.0×10^{-9})	$(+2.5\times10^{10})$	$(+1.4\times10^{8})$	(24×10^{12})	<0.01 ?
Co^{2+}	(1.5×10^{-9})	$(+1.0\times10^{9})$	$(+3.0\times10^{7})$	7×10^{9}	0.14
Cu^{2+}	$+16.0\times10^{9}$	$+46.0\times10^{9}$	$(+5.0\times10^{8})$	17×10^{10}	0.35
Zn^{2+}	$+15.0\times10^{-8}$	$(+3.0\times10^{10})$	$+4.0\times10^{9}$	70×10^{10}	0.043
Ni^{2+}	$+15.0\times10^{-9}$	$(+1.4\times10^{9})$	$+4.0\times10^{8}$	11×10^{9}	0.13
Li^{2+}	$+40.0\times10^{-9}$	$(+6.5\times10^{10})$	$+1.7\times10^{9}$	12×10^{10}	0.54
Ba^{2+}	$+400.0\times10^{-9}$	$+12.0\times10^{10}$	$+1.2\times10^{10}$	33×10^{10}	0.37
H^+	$+2.0\times10^{-11}$	$(+5.0\times10^{8})$	$+1.0\times10^{7}$	3×10^{9}	0.17
$(UO_2)^{2+}$	?	?	?	35×10^{7}	?

A 海底面积$3.2\times10^{18}cm^2$.

表中：

M 上覆海水组成的估计平均值 (gkg^{-1}).

c_1 及c_{50}深度分别为1和50的沉积物间隙水的平均组成 (gkg^{-1}).

Δc_1 及Δc_{50} 上述浓度与上覆海水浓度的差值 (gcm^{-3}).

Fc_1 及Fc_{50} 假定歪曲因子为2.5，由上述方程计算得出的相应通量Manheim 等 (1974).

F_R 特定元素由河流和小溪进入海洋的年通量 (ga^{-1}).

摘自：Riley, T. P. and Chester, R. (1976). *Chemical Oceanography*, Vol. 3, P. 174. 2nd Ed.

最丰富的地壳岩石中元素的平均重量比[1)]

元素	花岗岩		沉积岩			平均地壳
	高Ca	低Ca	页岩	砂岩	碳酸盐	岩石
第1组						
Al/Fe	2.8	5.1	1.7	2.9	1.1	1.9
Si/Fe	10.9	24.4	1.5	37.6	6.3	5.5
Si/Al	3.8	4.8	0.9	14.7	5.7	3.4
K/Fe	0.9	3.0	0.6	1.1	0.7	0.5
Ca/Fe	0.9	0.4	0.5	4.0	80	0.7
K/Ca	1.0	8.2	1.2	0.3	0.009	0.7
K/Rb	230	250	190	180	900	290
Ca/Sr	58	51	74	2000	500	97
Ti/Fe	0.11	0.08	0.10	0.15	0.11	0.09
Mn/Fe (×100)	1.8	2.7	1.8	0.x	29	1.9
Ni/Fe (×1000)	0.51	0.32	1.4	0.20	5.3	1.5
Zr/Fe (×1000)	4.7	12	3.4	22	5.0	3.3
第2组						
Cu/Fe (×1000)	1.04	0.70	0.95	—	1.05	1.10
Zn/Fe (×1000)	2.0	2.7	2.0	1.6	5.3	1.4
Cu/Zn	0.50	0.26	0.47	—	0.20	0.8
As/Fe (×1000)	0.064	0.11	0.28	0.10	0.26	0.036
As/Zn	0.032	0.038	0.14	0.06	0.05	0.029
Pb/Fe (×1000)	0.51	1.3	0.42	0.71	2.4	0.26
Pb/Zn	0.25	0.49	0.21	0.44	0.45	0.19
Pb/As	7.9	12.7	1.5	7	9	7.2
S/Fe	0.010	0.021	0.061	0.024	0.319	0.005
S/Zn	6.0	7.7	25	15	60	3.7
S/As	160	200	185	240	3800	144

1) 数据取自Turekian和Wedepohl (1961), Wedepohl (1969) 和Mason (1966)。
摘自：Riley, J. P. and Chester, R. (1978). *Chemical Oceanography*. Vol. 7, p. 191, 2nd Ed.

主要沉积循环中的若干通量[1)]

物质	地球圈	通量($10^{14}ga^{-1}$)
河流悬浮固体	海洋	180
河流溶解固体	海洋	39
大陆岩石和泥土颗粒	大气	1—5
来自海洋表层而后被输送到远处的海盐	大气	3
火山碎屑	平流层	0.036
火山碎屑	大气	<1.5
来自南极的冰屑	海洋	20

摘自：Goldberg, E. D. (1972). In: *The Changing Chemistry of the Oceans*. (D. Dyrssen and D. Jagner, eds.). Wiley Interscience Division, New York.

由玄武岩风化作用和河流供给海水的主要元素

A. 基于距海岭扩张中心距离的减小对大洋玄武岩的分析

元素	自1 cm厚的玄武岩的每年风化量	河流的年供应量	相当于玄武岩的风化量[3)](cm)
SiO_2	+7.4	$+1.3\times10^5$	17 600
TiO_2	−1.6	$+0.3\times10^2$	13
Fe^{2+}	−3.3	$+0.6\times10^3$	182
Mn^{2+}	−0.06	$+0.7\times10^2$	1166
Mg^{2+}	+2.3	$+0.4\times10^5$	17 400
Na	−0.21	$+6.3\times10^4$	300 000
Ca^{2+}	+2.1	$+1.5\times10^5$	71 500
K^+	−0.9	$+2.3\times10^4$	25 500

续 表

元 素	B、基于对不同震速大洋玄武岩的分析 从0.66km玄武岩层的年风化供应量1)	河流年供应量2)
SiO_2	+2.20	$+1.3\times10^5$
Fe^{2+}	+0.45	$+0.6\times10^3$
Mn^{2+}	+0.006	$+0.7\times10^2$
Mg^{2+}	+0.32	$+0.4\times10^5$
Na^+	+0.25 (?)	$+6.3\times10^4$
Ca^{2+}	+1.42	$+1.5\times10^5$
K^+	−0.45	$+2.3\times10^4$

1) ＋表示加进海水的；一表示从海水中减去的；单位$10^{-9}gcm^{-2}$。

2) 单位$10^{-9}gcm^{-2}$。

3) 此处数据指明相当于河流供应量时需要多深的玄武岩遭受风化。

摘自：〔1〕Hart, R. A. (1970). *Earth Planet. Sci. Lett.* 9, 269.

〔2〕Turekian, K. K. (1969). In *Handbook of Geochemistry*, Vol. 1. (K. H. Wedepohl, ed.). Springer-Verlag, Berlin. p. 296.

〔3〕Hart, R. A. (1973). *Can. J. Earth Sci.* 10, 799.

各大洋的锰-铁氧化物沉积内元素的平均丰度(wt%)

	太平洋	大西洋	印度洋	南大洋	世界大洋的平均值	地壳内元素的丰度	富集系数
B	0.0277	—	—	—	—	0.0010	27.7
Na	2.054	1.88	—	—	1.9409	2.36	0.822
Mg	1.710	1.89	—	—	1.8234	2.33	0.782
Al	3.060	3.27	3.60	—	3.0981	8.23	0.376
Si	8.320	9.58	11.40	—	8.624	28.15	0.306
P	0.235	0.098	—	—	0.2244	0.105	2.13
K	0.753	0.567	—	—	0.6427	2.09	0.307
Ca	1.960	2.96	3.16	—	2.5348	4.15	0.610
Sc	0.00097	—	—	—	—	0.0022	0.441
Ti	0.674	0.421	0.629	0.640	0.6424	0.570	1.13
V	0.053	0.053	0.044	0.060	0.0553	0.0135	4.13
Cr	0.0013	0.007	0.0014	—	0.0014	0.01	0.14
Mn	19.78	15.78	15.12	11.69	16.174	0.095	170.25
Fe	11.96	20.78	13.30	15.78	15.608	5.63	2.77
Co	0.335	0.318	0.242	0.240	0.2987	0.0025	119.48
Ni	0.634	0.328	0.507	0.450	0.4888	0.0075	65.17
Cu	0.392	0.116	0.274	0.210	0.2561	0.0055	46.56
Zn	0.068	0.084	0.061	0.060	0.0710	0.007	10.14

Ga	0.001	—	—	—	—	0.0015	0.666
Sr	0.085	0.093	0.086	0.080	0.0825	0.0375	2.20
Y	0.031	—	—	—	—	0.0033	9.39
Zr	0.052	—	—	0.070	0.0648	0.0165	3.92
Mo	0.044	0.049	0.029	0.040	0.0412	0.00015	274.66
Pd	0.602×10^{-6}	0.574×10^{-6}	0.391×10^{-6}	—	0.553×10^{-6}	0.665×10^{-6}	0.832
Ag	0.0006	—	—	—	—	0.000007	85.71
Cd	0.0007	0.0011	—	—	0.00079	0.00002	39.50
Sn	0.00027	—	—	—	—	0.00002	13.50
Te	0.0050	—	—	—	—	—	—
Ba	0.276	0.498	0.182	0.100	0.2012	0.0425	4.73
La	0.016	—	—	—	—	0.0030	5.33
Yb	0.0031	—	—	—	—	0.0003	10.33
W	0.006	—	—	—	—	0.00015	40.00
Ir	0.939×10^{-6}	0.932×10^{-6}	—	—	0.935×10^{-6}	0.132×10^{-7}	70.83
Au	0.266×10^{-6}	0.302×10^{-6}	0.811×10^{-7}	—	0.248×10^{-6}	0.400×10^{-6}	0.62
Hg	0.82×10^{-4}	0.16×10^{-4}	0.15×10^{-6}	—	0.50×10^{-4}	0.80×10^{-5}	6.25
Tl	0.017	0.0077	0.010	—	0.0129	0.000045	286.66
Pb	0.0846	0.127	0.070	—	0.0867	0.00125	69.36
Bi	0.0006	0.0005	0.0014	—	0.0008	0.000017	47.05

摘自：〔1〕Goodell, H. G., Meylan, M. A., and Grant, B. (1970). In *Antarctic Oceanology* I (J.L. Ried ed.), p. 27, Amer. Geophys. Union, Baltimore.

〔2〕Taylor, S. R. (1964). *Geochim. Cosmochim. Acta.* 28, 1273.

海洋沉积物中碘的浓度[1]

区　域	I (ppm)	资料来源
A.近岸沉积物		
苏联陆架	1—297	Vinogradov (1939)
巴伦支海陆架	60—828	Price *et al.* (1970)[7]
波罗的海	103[2]	Shishkina and Pavlova (1965)
黑海	33[3]	Shishkina and Pavlova (1965)
奥斯陆峡湾含氧沉积物	64—1301	Doff (1969)[7]
奥斯陆峡湾缺氧沉积物	0—522	Doff (1969)[7]
西南非洲陆架	96—1990	Price and Calvert (1973)
加利福尼亚湾	5—1370	Price and Calvert
B.远洋沉积物		(未发表)
太平洋红粘土	29[4]	Shishkina and Pavlova (1965)
大洋钙质软泥	39[5]	Shishkina and Pavlova (1965)
大西洋钙质软泥	37[6]	Bennett and Manuel (1968)

1) 干重数值以ppm表示。
2) 2个灰粘土样平均。
3) 18个灰粘土样平均。
4) 4个样品平均。
5) 11个样品平均。
6) 4 个样品平均。
7) 据Doff (1969)、Price等 (1970) 及Price和Calvert (1973) 的报道值，对于样盐的稀释效应作了校正。

摘自：Riley, J. P. and Chester, R. (1976) *Chemical Oceanography*. Vol. 6. p. 262. 2nd Ed.

铁-锰沉积物的平均组成(wt%)

	1	2	3	4	5	6	7
B	—	0.005	—	—	—	0.029	—
Na	—	1.92	—	—	—	2.06	—
Mg	—	0.265	—	—	—	1.76	—
Al	0.73	3.23	—	—	—	3.27	—
Si	—	10.37	—	—	—	8.27	—
P	0.54	0.126	—	—	—	0.17	—
K	—	1.24	—	—	—	0.74	—
Ca	—	1.35	—	—	1.86	1.98	—
Sc	—	0.0006	—	—	—	0.001	—
Ti	0.81	0.431	0.690	—	—	0.66	—
V	—	0.035	0.044	0.203	—	0.054	—
Cr	—	0.0005	0.0011	0.0099	—	0.001	—
Mn	19.00	17.03	17.50	14.25	27.75	21.06	17.35
Fe	13.80	12.17	11.87	12.10	11.89	11.97	10.77
Co	0.28	0.10	0.408	—	—	0.31	0.30
Ni	0.46	0.28	0.682	0.504	0.553	0.67	0.40
Cu	0.55	0.31	0.379	0.045	0.286	0.43	0.21
Zn	—	0.038	—	—	0.059	0.071	—
Ga	—	0.0013	—	—	—	0.001	—
Sr	—	0.064	—	—	—	0.086	—
Y	—	0.002	—	—	—	0.033	—
Zr	0.0064	0.022	—	—	—	0.063	—
Mo	—	0.022	0.039	0.059	—	0.052	—
Pd	—	—	—	—	—	—	0.602×10^{-6}
Ag	—	0.001	—	—	—	0.0003	—
Cd	—	0.0007	—	—	—007	—	—
Sn	—	—	—	—	0.0	—	0.00027
Te	—	—	—	—	—	—	0.005
Ba	—	0.330	0.215	—	—	0.320	—
La	—	0.02	—	—	—	0.016	—
Yb	—	—	—	—	—	0.0031	—
W	—	0.006	—	—	—	—	—
Ir	—	—	—	—	—	—	0.939×10^{-4}
Au	—	—	—	—	—	—	0.266×10^{-4}
Hg	—	0.0002	—	—	—	—	0.320^{-4}
Tl	—	0.01	—	—	0.0194	—	—
Pb	—	0.017	0.054	0.321	0.089	0.10	—
Bi	—	0.001	—	—	0.0005	—	—

1——太平洋数据．　2——太平洋数据．　3——太平洋数据．　4——太平洋数据．　5——太平洋数据．　6——太平洋数据．　7——太平洋数据．

8——大西洋数据．　9——大西洋数据．　10——大西洋数据．

11——大西洋数据．　12——印度洋数据．　13——印度洋数据．

14——印度洋数据．

续 表

	8	9	10	11	12	13	14
B	—	—	—	—	—	—	—
Na	—		—	1.88	—	—	—
Mg	—	2.78	1.90	1.87	—	—	—
Al	3.27	—	—	—	3.60	—	—
Si	10.51	—	7.25	—	11.40	—	—
P	0.098	—	—	—	—	—	—
K	0.493	—	—	0.571	—	—	—
Ca	3.32	—	3.82	2.90	1.44	4.54	—
Sc	—	—	—	—	—	—	—
Ti	0.446	0.290	0.421	—	0.421	—	0.681
V	—	0.04	0.059	—	—	—	0.044
Cr	—	0.007	—	—	—	—	0.0014
Mn	12.80	12.11	23.46	15.97	14.38	17.07	14.88
Fe	14.96	23.34	19.33	21.55	14.05	13.10	13.16
Co	0.330	0.087	0.312	0.318	0.19	0.324	0.238
Ni	0.344	0.516	0.528	0.313	0.631	0.720	0.432
Cu	0.126	0.060	0.130	0.115	0.536	0.150	0.235
Zn	0.055	—	0.090	0.087	0.057	0.064	—
Ga	—	—	—	—	—	—	—
Sr	0.1103	0.092	—	—	0.086	—	—
Y	—	—	—	—	—	—	—
Zr	—	—	—	—	—	—	—
Mo	0.058	0.011	0.046	—	0.022	—	0.030
Pd	—	—	0.574×10^{-6}	—	—	0.331×10^{-6}	—
Ag	—	—	—	—	—	—	—
Cd	—	—	0.0311	—	—	—	—
Sn	—	—	—	—	—	—	—
Te	—	—	—	—	—	—	—
Ba	0.498	—	—	—	0.370	—	0.151
La	—	—	—	—	—	—	—
Yb	—	—	—	—	—	—	—
W	—	—	—	—	—	—	—
Ir	—	—	0.032×10^{-6}	—	—	—	—
Au	—	—	0.302×10^{-6}	—	—	0.81×10^{-7}	—
Hg	—	—	0.165×10^{-4}	—	—	0.15×10^{-6}	—
Tl	—	—	0.0077	—	—	0.010	—
Pb	0.150	0.040	0.099	—	0.132	0.140	0.045
Bi	—	—	0.0005	—	—	0.0014	—

摘自：Riley, J. P. and Chester, R. (1976), *Chemical Oceanography*. Vol. 5, p. 233, 2nd Ed.

大西洋、太平洋和印度洋的锰-铁氧化物结核中Mn、Fe、Ni、Co和Cu含量的变化(wt%)

	大西洋			太平洋			印度洋		
	最高含量	最低含量	比值	最高含量	最低含量	比值	最高含量	最低含量	比值
Mn	37.69	1.32	28.55	41.1	8.2	5.01	29.16	11.67	2.49
Fe	41.79	4.76	8.77	32.73	2.4	13.6	26.46	6.71	3.94
Ni	1.41	0.019	74.21	2.37	0.16	14.81	2.01	0.167	12.03
Co	1.01	0.017	59.41	2.58	0.014	184.28	1.04	0.068	15.29
Cu	0.884	0.022	40.18	1.97	0.028	70.35	1.38	0.029	47.58

摘自：Riley, J. P. and Chester, R. (1976). *Chemical Oceanography*. Vol. 5. P. 242. 2nd Ed.

太平洋和印度洋不同地区结核中Mn、Fe、Ni、Co和Cu的平均含量(wt%，空气中干重)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Mn	12.29	16.87	13.96	15.71	16.61	22.33	19.81	15.85	33.98	13.56	15.83
Fe	12.00	13.30	13.10	9.06	13.92	9.44	10.20	12.22	1.62	15.75	11.31
Ni	0.422	0.534	0.393	0.956	0.433	1.080	0.961	0.348	0.097	0.322	0.512
Co	0.144	0.395	1.127	0.213	0.595	0.192	0.164	0.514	0.0075	0.358	0.153
Cu	0.294	0.393	0.061	0.711	0.185	0.627	0.311	0.077	0.065	0.102	0.330
深度(m)	4990	5001	1757	5049	3639	4537	4324	1146	3033	3793	5046

1——北太平洋． 2——西太平洋． 3——中太平洋海山． 4——中太平洋． 5——南太平洋． 6——东太平洋．
7——东南太平洋． 8——南部边缘海山区． 9——大陆边缘． 10——西印度洋． 11——东印度洋．

摘自：Cronan, D. S. (1967). Ph. D. Thesis, University of London.

海洋对流层下部土壤级尘埃中痕量元素的平均组成(ppm，Fe以wt%计)

元素	平均浓度[1)]	富集因子[2)]
Fe	5.2	—
Sr	101	0.35
Co	9	0.45
Cr	85	1.2
V	145	1.4
Ba	487	1.4
Mn	1312	1.5
Ni	91	1.5
Ga	21	1.6
Cu	157	3.4
Zn	683	13
Sn	30	19
Pb	465	49

1) 51个土壤级尘埃（来自大西洋、印度洋、中国海和不同海岸区）的平均值。

2) 富集因子是根据土壤中某元素对于铁的浓度比率除以同样二元素在地壳物质中的平均比率。一般来说，富集因子对那些来源于地壳物质的元素来说，其值近于1.

摘自：Chester, R. and Stoner, J. H. (1973) . *Nature, Lond.* **246**, 138.

海洋有机质和西南非洲沉积物有机部分的某些微量金属含量(ppm)

金属	浮游生物[1)]	浮游动物[2)]	棕色硅藻[3)]	西南非洲陆架沉积物[4)]
Cu	200	238	11	269
Mo	10	3	0.45	1644
Ni	36	65	3	446
Pb	5	83	8	34
Zn	2600	—	150	351

1) 黑海浮游生物.

2) 北大西洋浮游生物.

3) 据Bowen (1966) .

4) 据有机碳过剩金属回归推算.

摘自：Riley, J. P. and Chester, R. (1976).*Chemical. Oceanography*. Vol. 6. p. 213. 2nd Ed.

大西洋、北太平洋和南太平洋粘土中的痕量元素(ppm)

痕量元素	大西洋深海粘土	北太平洋深海粘土	南太平洋深海粘土
Mn	4000	5465	20 000
Fe	82 000	52 294	73 500
Cu	130	531	672
Ni	79	212	380
Co	38	80	207
Ga	21	21	15
Cr	86	166	68
V	140	326	534

摘自：Riley, J. P. and Chester, R. (1976). *Chemical Oceanography*. Vol. 6. p. 352. 2nd Ed.

大洋玄武岩的痕量元素组成(ppm)

	大洋碱性玄武岩	大洋拉斑玄武岩	中大西洋海岭玄武岩	中印度洋海岭玄武岩	汤加岛弧玄武岩
Fe	82 600	76 800	63 616	68 282	54 008
Mn	1084	1239	—	—	—
Cu	36	77	87	90	51
Ni	51	97	123	242	25
Co	25	32	41	73	30
Ga	22	17	18	20	13
Cr	67	297	292	347	75
V	252	292	289	340	230
Ba	498	14	12	—	14
Sr	815	130	123	131	115

摘自：Riley, J. P. and Chester, R. (1976). *Chemical Oceanography*, Vol. 6. p. 322. 2nd Ed.

痕量元素在北太平洋某粘土岩心的各部分之间的分配

元素	痕量元素总量（ppm）	岩成部分		与结核伴生的水成部分		非结核伴生的水成部分	
		ppm	%	ppm	%	ppm	%
Fe_2O_3	7.68（%）	7.40（%）	96	0.20（%）	3	0.08（%）	1
MnO	0.66（%）	0.10（%）	15	0.52（%）	79	0.04（%）	6
Cu	314	213	67	45	14	56*	18
Ni	191	46	24	88	46	59*	30
Co	88	15	17	71	80	2	2
Pb	28	23	82	4	14	~1	4
Cr	97	92	95	3	3	2	2
V	141	119	84	8	6	1*	10

摘自：Chester, R. and Hughes, M. J. (1969). *Deep-Sea Res.* 13, 627.

碳酸盐介壳物质中痕量元素的浓度（ppm）

	Sr	Ba	Fe	Mn	Cr	V	Ni	Co	Cu	Pb
深海沉积物有孔虫介壳	1112	10—30	1213	335	—	15	21	—	23	138
翼足类软体动物介壳	—	—	—	—	1	85	2	20	30	200
颗粒藻软泥	1468	175	—	263	5	—	4	4	13	—

摘自：Riley, J. P. and Chester, R. (1976). *Chemical Oceanograpny*. Vol. 6, P. 359. 2ndEd.

近岸沉积物中痕量元素的平均组成及有氧和缺氧沉积的比较[1)]

元素	平均近岸沉积	有氧近岸沉积		缺氧近岸沉积	
		帕里亚湾	萨尼奇湾	波罗的海	萨尼奇湾
Ni	55	31	33	43	26
Co	13	12	9	22	8
Cr	100	93	86	90	35
V	130	146	110	130	37
Ba	750	394	—	750	—
Sr	250	210	—	130	—
Pb	20	22	20	25	痕量
Zn	95	—	88	110	80
Y	—	—	26	—	25
Mn	850	2000	370	4030	400
Cu	48	17	38	78	45
Sc	—	—	17	—	12
Zr	—	—	140	—	760
Mo	—	—	n.d.	35	26

1) 根据Aston和Chester (1976)，所有的数值单位为$\mu g\ g^{-1}$；n.d. 表示未测定。

摘自：Riley, J. P. and Chester, R. (1978). *Chemical Oceanography*. Vol. 7. p. 434. 2nd Ed.

半远洋沉积物柱样顶部20cm内常量和微量元素的变化[1)]

深度 (cm)	$CaCO_3$%	Al_2O_3%	MnO%	FeO%	P_2O_5%	Co
0—1	38.5	5.4	3.6	2.5	0.35	40
1—3	40.0	5.2	4.2	2.7	0.43	33
3—4	36.5	5.9	3.6	2.5	0.42	24
4—5	38.5	6.6	4.1	2.7	0.42	27
5—6	36.5	5.3	2.7	2.5	0.39	25
6—7.5	38.3	6.1	0.84	2.0	0.20	10
7.5—9	42.3	5.2	0.32	2.6	0.15	12
9—11	46.3	4.2	0.24	2.5	0.14	13
11—12	50.2	4.7	0.25	2.4	0.11	12
12—14	54.1	5.0	0.27	2.5	0.11	10
14—17	54.1	4.5	0.24	2.2	0.12	7
17—20	50.1	4.0	0.27	2.3	0.10	9

深度 (cm)	Ni	La	Cr	U	V	Fe^{3+}/Fe^{2+}	S%
0—1	240	33	21	0.45	88	19.0	0.38
1—3	325	35	27	0.45	77	7.8	0.36
3—4	315	32	26	0.52	77	7.2	
4—5	360	35	28	0.59	86	11.0	0.36
5—6	255	28	29	0.53	90	6.6	0.37
6—7.5	190	10	34	0.55	115	5.2	0.37
7.5—9	145	11	23	0.63	9	5.4	0.38
9—11	130	11	28	0.61	100	5.4	0.39
11—12	145	11	34	0.69	110	2.8	0.39
12—24	170	<10	35	0.82	117	4.1	0.38
14—17	145	<10	34	1.13	110	6.1	0.26
17—20	155	<10	42	1.37	110	5.9	0.34

1) 样品取自东太平洋59.2°45′N, 85°20′W, 水深3274m, 样号 P6702. 常量元素以重量%表示, 微量元素以ppm重量计. 分析S和Fe^{3+}/Fe^{2+}是使用分析其他元素所用样品的副样.

摘自: Bonatti, E., Fisher, D.E., Joensuu, O. and Rydell, H.S. (1971). *Geochim. Cosmochim. Acta*, 35, 189.

河口和大陆架沉积物中痕量元素的分布(单位ppm，Fe为wt%)

沉积类型	地理位置	Mu	Fe	Cu	Ni	Co	Ga	Cr	V	Ba	Sr	Sn	Zn	Pb
"非污染"沉积物[1]	索尔威湾（英）	360	—	10	38	16	15	35				7		
	帕里斯湾	2000	—	19	31	12		100	130	750	250			20
	萨阿尼奇内湾（加）													
	富氧沉积物	370	—	38	33	9		83	110				88	20
	缺氧沉积物	400	—	45	26	8		35	37				80	痕量
	波罗的海（缺氧的）	4030	—	78	43	22	90	130		750	130	6	110	25
"污染"沉积物[1]	斯旺西湾（英）	—	—	81									128	126
	塞文河口（英）	—	—										470	163
	克莱德湾（英）	1118	—	37	50	34		64				19	165	86
	克莱德河口（英）	1600	—	225	69	60		624				85	1380	528
	索尔峡湾（挪威）	—	—	2424					1617			303	20 000	11,000
	塞文河口	1820	4.5	38	36	7	17	71	86	250	400	101	280	119
平均近岸碎屑沉积物		866	3.1	17	39	8	14	87	91	416	194	—	—	17
平均近岸缺氧沉积物		26 850	5.3	86	65	41	—	101	203	522	447	—	337	67
平均近岸泥		850	6.9	48	55	13	19	100	130	750	250		95	20

1) "非污染"沉积物指至今所知未受到污染；"污染"沉积物指曾报道可能受到某些污染。

摘自：Riley, J. P. and Chester, R. (1976). *Chemical Oceanography*. Vol. 6. p. 313. 2nd Ed.

南极冰川型海洋沉积物中痕量元素的浓度(ppm,Fe、Al为wt%)

地理位置	痕量元素						
	Al	Fe	Cr	Ni	Co	V	Cu
罗斯海	6.8	3.4	94	40	30	160	90
阿蒙森海	7.5	4.1	90	40	30	240	185
贝林斯豪森海	7.6	3.5	70	30	20	185	120
韦德尔海	6.8	2.1	104	46	20	158	70
平均：南极冰川海洋沉积物	7.3	3.7	89	37	27	200	137

摘自：〔1〕Angino, E. E. and Andrews, R. S. (1968). *J. Sediment. Petrology*, 38, 634.

〔2〕Angino, E. E. (1966). *Geochim. Cosmochim Acta*, 30, 939.

世界大洋某些沉积物中<2μm部分的平均含量(wt%)

类型	地理位置	样品数	<2μm部分占总量%
深海沉积物	大西洋	23	58
	太平洋	22	61
	印度洋	52	64
大陆架沉积物	大西洋美国岸外	12	2
	墨西哥湾	11	27
	加利福尼亚湾	15	19
	澳大利亚西北萨胡尔大陆架	9	72
河流悬浮沉积物	美国的33条河流	1026	37

摘自：Griffin, J.J. Windon, H. and Goldberg, E.D (1968). *Deep-Sea Res*, 15, 433.

间 隙 水

深海半远洋沉积物间隙水分析1)

深度 (cm)	Br^-	Cl^-	SO_4^{2-}	碱度	总阴离子	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	总阳离子	总固体 (gkg^{-1})
底层水	0.83	543	55.6	2.4	602	469	9.7	20.5	104	603	—
25—51	0.87	547	57.6	3.2	609	478	13.0	19.9	99	610	35.2
75—100	0.90	547	56.5	4.4	608	478	12.7	19.8	98	609	35.2
160—184	0.89	546	54.8	4.4	606	477	13.1	20.1	96	606	35.2
223—243	0.83	551	56.1	4.5	612	482	13.3	20.6	97	613	35.6

1) 除总固体外，所有单位均为mg eq kg^{-1}.

摘自:, Riley, J.P.and Chester, R. (1976), *Chemical Oceanography*. Vol,6.p.136,2nd Ed.

陆源-生源沉积物间隙水分析[1]

深度 (cm)	Br^-	Cl^-	SO_4^{2-}	碱度	总阴离子	Na^+
底层水	0.79	526	54.3	2.3	583	451
10—60	0.84	523	49.8	10.3	584	454
60—117	0.86	526	37.4	17.3	582	—
117—172	0.88	524	28.5	24.8	578	456
172—226	0.90	532	13.4	32.8	579	—
409—420	0.93	532	5.5	40.5	579	456
470—480	0.95	535	2.9	42.8	582	461

深度 (cm)	K^+	NH^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	总阳离子	总固体 (gkg^{-1})
底水层	9.5	—	21.0	102.5	584	—
10—60	11.3	0.7	20.5	97	584	33.0
60—117	11.0	1.5	19.0	95	—	34.0
117—172	10.7	2.4	17.8	93	580	33.3
172—226	—	3.1	15.6	95	—	33.2
409—420	10.7	2.8	14.2	95	579	33.1
470—480	10.4	2.9	12.9	94	581	33.5

1) 除总固体外，所有单位 mg eq kg^{-1}.

摘自：Riley, J. p. and Chester, R. (1976). *Chemical Oceanography*. Vol. 6. p. 137. 2nd Ed.

沉积物中间隙水参数随深度的变化[1]

深度 (cm)	SO_4^{2-}	AlK (mg eq kg^{-1})	Ca^{2+}
10—30	−4.5	+8.0	−0.5
60—117	−16.9	+15.0	−2.0
117—172	−25.8	+22.5	−3.2
172—226	−40.9	+32.3	−5.4
409—420	−48.8	+38.2	−6.8
470—480	−51.4	+40.5	−8.1

1) 表示在给定深度上间隙水与上覆水之间的差数。

摘自：Riley, J. P. and Chester, R. (1976). *Chemical Oceangraphy*. Vol. 6. p. 138. 2nd Ed.

黑海间隙水的阳离子和沉积物的交换容量

（站位194：44°05′N，33°10′E，深度1880m）

A.

深度（cm）	间隙水（meq kg⁻¹）				交换容量（meq/100g，干沉积物）				
	Na^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Na^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	总交换容量
海底水	300	6.4	68.4	13.9	—	—	—	—	—
0—27	292	7.2	63.9	13.0	8.1	3.3	8.1	5.2	24.7
131—157	282	6.6	63.1	12.3	9.2	3.1	8.5	6.1	27.0
209—225	282	6.4	58.8	14.5	9.7	3.2	8.5	6.8	27.7
316—325	256	5.5	51.2	17.3	9.5	3.4	8.2	7.6	28.8
377—397	252	5.4	46.1	19.5	8.2	2.9	7.6	8.3	27.0
502—529	222	4.8	32.6	27.5	6.8	2.2	6.9	9.6	25.5

B．上述黑海沉积物K、Ca和Mg对于Na的交换常数和南太平洋7.5，括察岩心的5个典型红粘土样品的平均值，后者的总交换容量为58meq/100g干沉积物．

位置和种类	K_k	K_{Ca}	K_{Mg}
黑海沉积物			
0—27cm	16.5	23	12.9
131—151cm	14.5	22	11.2
209—225cm	14.3	20	11.0
316—325cm	16.8	18	10.8
377—397cm	16.6	20	12.5
502—529cm	15.0	19	15.3
5个南太平洋"红粘土"的平均值	15.0	15	8.2

摘自：〔1〕Zaitseva, E. D. (1962). *Tr. Inst. Okeanol. Akad. Nauk SSSR*, 54, pp.58.
〔2〕Bruevich, S.V.(1966). *Khimiya Tikhogo Okeana* (S.V. Bruevich, ed.), pp.263—358. Izd. Akad. Nauk, Moscow.

红海沉积物间隙水主要组分(g kg⁻¹)[1]

(位置21°19.9′N, 38°08.0′E, 深度1795m)

深度(m)	描　述	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Sr^{2+}	Cl^-	SO_4^{2-}[2]	HCO_3^-	总数	H_2O	pH
表面	红海水	11.8	0.43	0.46	1.42	0.009	21.4	3.06	0.15	38.8	—	8.3
46	灰绿粘土质白垩	14.7	0.40	0.88	1.28	0.018	25.8	3.39	0.20	46.5	29	7.2
82	粘土质粉砂白垩	28.7	0.22	0.98	0.84	0.027	46.1	3.57	0.15	80.6	19	7.0
136	灰，粉砂超微白垩	61.3	0.38	2.32	0.92	0.046	99.7	2.43	0.04	167.2	15	6.5
167	灰，粉砂超微白垩	80.2	0.32	2.44	0.86	0.034	129.7	1.55	<0.05	215.1	—	6.5
186	灰，粉砂超微白垩	93.6	0.50	1.81	0.67	—	149.0	1.37	<0.05	247.0	19	—
282	暗色页岩和硬石膏	71.0	1.29	4.90	12.6	0.099	157.1	1.90	<0.05	250.7	23	6.5
350	暗色页岩夹石盐中	67.4	0.93	6.70	16.8	—	164.8	1.20	<0.05	257.6	14	6.2

1）岩心穿透最上部中新世蒸发岩（包括石盐），所在深度为180m和大于180m.

2）硫酸根系利用剩余离子组分和WATEQ计算机程序由平衡计算而确定的硬石膏溶解度提供了压力条件.

摘自：Riley, J.P.and Chester, R.(1976) *Chemical Oceanography*, Vol.6.P.161.2nd Ed.

沉积物间隙水主要和次要组分的平均浓度

（样品为深海钻探期间回收的沉积物，不包括受蒸发岩影响的钻位）[1]

组分	陆源[2]			碳酸盐			远洋粘土			超微化石软泥		
	平均 a	N	SD	平均 a	N	SD a	平均 a	N	SD a	平均 a	N	SD a
Na	10.8	9	0.6	10.9	20	0.2	10.8	15	0.20	10.8	12	0.1
K	0.30	9	0.07	0.39	20	0.03	0.38	15	0.02	0.38	12	0.02
Ca	0.40	9	0.20	0.48	20	0.16	0.42	15	0.05	0.41	12	0.06
Mg	1.08	9	0.09	1.20	20	0.09	1.25	15	0.06	1.24	12	0.11
Cl	19.4	7	0.3	19.5	19	0.2	19.5	15	0.20	19.5	12	0.2
SO_4	1.05	9	0.77	2.43	20	0.20	2.45	15	0.48	2.36	12	0.06
HCO_3	0.45	9	0.27	0.20	20	0.10	0.20	14	0.08	0.20	12	0.10
	b		b	b		b	b		b	b		b
Sr	8.7	8	3.0	15.7	19	6.0	11.1	15	5.6	15.9	10	5.9
Br	72	1	0	67	1	0	66	5	2	67	1	0
B	4.1	6	1.4	4.7	8	0.7	5.7	10	1.2	6.1	3	2.3
Ba	2.4	9	4.5	0.15	14	0.08	0.15	14	0.08	0.3	9	0.4
Mn	—	—	—	—	—	—	2.4	3	0.7	0.5	1	0
Li	0.09	3	0.05	0.22	6	0.05	0.22	8	0.03	0.24	8	0.06

N＝钻位数；SD＝标准偏差；a＝gkg^{-1}；b＝$mgkg^{-1}$。

1）对钾和镁作了"抽取的温度效应"校正。

2）粘土质沉积物堆积速率>3cm/1000a。

摘自：Riley, J.P. and Chester, R. (1976). *Chemical Oceanography*, Vol.6, p.162, 2nd Ed.

陆源沉积物间隙水中营养盐分布及其性质

(白令海59°N，178.5°E，水深3633m)[1]

深度(cm)	描述	H_2O	$C_{有机}$	N	C/N	碱度($meqkg^{-1}$)	NH_4-N($mgkg^{-1}$)	PO_4^{3-}-P($mgkg^{-1}$)	Si($mgkg^{-1}$)	Cl(‰)
50—60	绿灰软泥，砂质透镜体	70.0	0.91	0.12	7.5	3.54	1.7	0.15	—	19.36
150—160	绿灰泥，无H_2S	58.2	0.91	0.12	7.5	4.09	1.9	0.17	14.8	19.26
250—260	暗绿灰泥	57.2	—	—	—	7.49	5.3	0.37	14.8	19.30
350—360	绿灰泥	63.7	0.82	0.078	10.5	11.6	9.2	0.62	18.2	19.36
446—456	暗灰泥，轻微痕量H_2S	52.6	0.73	0.10	7.3	15.7	12.0	0.81	16.8	19.20
550—560	暗灰泥，更多固化，H_2S	54.6	—	—	—	20.6	14.9	1.14	15.5	19.33
651—661	暗灰泥，更多固化，H_2S	54.2	—	—	—	23.7	17.3	1.94	—	19.37
760—770	暗绿泥，更多固化，H_2S	—	0.79	0.084	9.4	—	—	—	—	—
840—860	暗绿泥，含很少的H_2S	43.2	0.77	—	—	32.1	23.0	1.92	—	19.40
895—905	暗蓝灰粘土，痕量H_2S	42.5	—	—	—	32.9	26.3	2.35	22.8	19.55
943—955	暗灰，更多固化粘土，痕量H_2S	42.1	0.66	0.086	7.7	31.2	—	0.56	22;0	19.73
1108—	暗灰粘土，痕量H_2S	36.7	—	—	—	36.7	30.4	1.94	—	19.54
1216—1260	暗灰致密粘土，痕量H_2S	39.2	1.05	0.11	9.5	35.8	—	2.20	17.0	19.74
1310—1330	暗灰粘土，痕量H_2S	48.6	—	—	—	40.4	30.6	3.53	21.8	19.60

1415—1460 暗灰粘土，痕量H_2S	45.7	0.86	0.072	11.9	40.5	33.0	2.40	—	19.57
1510—1550 同上	54.0	0.72	0.086	8.4	40.6	31.0	3.30	16.0	19.36
1630—1636 同上	47.5	—	—	—	42.9	31.8	3.25	18.0	19.74

1) H_2O以湿沉积物的百分比给出；C、N为干沉积物的百分比；其余参数根据间隙水.

摘自：Bruevich, S.V.and Zaitseva, E.D. (1958) .*Tr. Inst, Okeanol. Akad. Nauk* **SSSR**, 26, 8.

不列颠哥伦比亚萨阿尼奇内湾岩芯间隙水的组分

（除有机碳外，均为$mmolkg^{-1}$，C:N:P比率是在原子基础上给出）

深度 (cm)	ΣCO_2	NH_4	PO_4	SO_4	C:N:P	C:N	溶解有机碳	$\delta^{13}C$(‰) 有机碳	$\delta^{13}C$(‰) CO_2
0—15	2.7	0.15	0.042	22.9	64:3.6:1	17.8	60	−21.4	−11.2
40—50	13.6	0.53	0.035	11.5	390:15.2:1	25.6	58	—	−37.1
85—100	23.7	2.05	0.155	0.3	152:13.2:1	11.7	78	—	−11.3
135—150	29.7	3.50	0.073	0.7	407:48:1	8.4	116	—	+3.3
175—185	36.2	4.26	0.122	0.3	297:35:1	8.5	120	−21.7	+9.4

摘自：Nissenbaum, A., Presley, B.J.and Kaplan, I.R. (1972), *Geochim. Cosmochim. Acta*, 36,1007.

沉积物间隙水中痕量元素的平均浓度

（样品为深海钻探期间回收的沉积物，不包括受蒸发岩影响的钻位）[1]

组分 ppb	陆源			碳酸盐			远洋粘土			超微化石软泥		
	平均	N	SD	平均	N	SD	平均	N	SD	平均	N	SD
Fe	10	3	8	78	7	65	17	6	14	48	9	64
Co	—	—	—	1.7	7	0.8	1.7	3	0.8	2.2	9	2.1
Ni	26	3	15	25	7	14	10	6	9	18	9	9.6
Cu	11	3	7	26	7	23	12	6	9	12	9	5
Mn	608	4	708	748	5	915	2970	4	1776	931	7	1166
Zn	160	3	49	210	1	—	258	3	129	185	2	5
Li(ppm)	0.18	3	0.061	—	—	—	0.32	2	0.12	—	—	—
Si(ppm)	4.7	3	1.0	22	7	9.1	8.8	6	5.0	21.7	9	9.2
B(ppm)	3.5	3	0.6	—	—	—	5.7	2	0.3	—	—	—
PO_4(ppm)[2]	—	—	—	1.4	2	0.5	—	—	—	1.4	5	2.1

N＝钻位数，SD＝标准偏差.

1）岩性类别与主要组分的类别略有不同.

2）不包括很低值.

摘自：Riley, J.P.and Chester, R.（1976） *Chemical Oceanography*, Vol.6, p.163, 2nd Ed.

放射性物质

大洋海水中各种放射性元素含量及收支平衡表[1)]

	g	每 ml含 量		每年每cm^2通过各方面输入海洋量			每年每cm^2通过各方面离开海洋量	
		海洋	河流	衰变	河流	海底	衰变	沉积
U(总)	10^{-9}	2±1	1±0.5	0	8	0	0.00015	8
^{232}Th	10^{-14}	4+10 −2	1000±600	0	8000	0	0.0001(?)	8000
^{230}Th	10^{-17}	8±4	100	15 000	800	0	72	16 000
^{226}Ra	10^{-17}	8±5	4±2	72	32	1300	1400	0
^{228}Ra	10^{-20}	1[2)]	(30?)	40	(100)	40 000	40 000	0
^{228}Th	10^{-21}	3[2)]	—	40 000	?	0	40 000	6000

1）按大洋平均深度4000m，河水供应量为$8mlcm^{-2}a^{-1}$而计算的.

2）只是沿岸一些中心地点的数据.

摘自：Koczy, F. F. (1956). *Deep-Sea Res.*, 3, 93

海洋中存在的天然放射核素

放射核素	半衰期 (a)	浓度(gml^{-1})	同位素丰度(%)	蜕变次数 ($s^{-1}ml^{-1}$)
^{3}H	1.2×10^{1}	3.2×10^{-21}	1.0×10^{-16}	$1.1\times10^{-6}\beta$
^{14}C	5.5×10^{3}	3.1×10^{-17}	1.3×10^{-10}	$5.2\times10^{-6}\beta$
^{10}Be	2.7×10^{6}	1×10^{-16}		$7\times10^{-8}\beta$
^{40}K	1.3×10^{9}	4.5×10^{-8}	1.2×10^{-2}	$1.1\times10^{-2}\beta+\gamma$
^{87}Rb	5.0×10^{10}	3.4×10^{-8}	27.8	$1.0\times10^{-4}\beta$
^{238}U	4.5×10^{9}	2×10^{-9}	99.3	$2.5\times10^{-8}\alpha$
^{230}Th	8.0×10^{4}	6×10^{-16}	$>3\times10^{-5}$	$4\times10^{-7}\alpha$
^{226}Ra	1.6×10^{3}	8×10^{-17}	~100	$2.9\times10^{-6}\alpha$
^{235}U	7.1×10^{8}	1.4×10^{-11}	0.7	$1.1\times10^{-6}\alpha$
^{231}Pa	3.4×10^{4}	5×10^{-17}	~100	$4\times10^{-8}\alpha$
$^{227}Th(RdAc)$	—	7×10^{-23}	—	$8\times10^{-8}\alpha$
^{232}Th	1.4×10^{10}	2×10^{-11}	~100	$8\times10^{-8}\alpha$
$^{228}Th(RdTh)$	1.9	4.0×10^{-21}	—	$1.2\times10^{-7}\alpha$
$^{228}Ra(MsTh)$	6.7	1.4×10^{-20}	$\sim1\times10^{-2}$	$1.2\times10^{-7}\beta$

摘自：Picciotto, E.E., (1961). *Geochemistry of Radioactive Elements in the Ocean and the Chronology of Deep-sea Sediments*, in M. Sears, ed., *Oceanography*, Am. Assoc. Advan. Sci. Pub., No. 67, Washington. D. C.

海洋里放射性元素的输送[1]

元素	来自陆地 (L)	来自空中 (E) 逃向空中 (S)	有机物的生产分解 (P) (B)	放射生成 (λ)	放射蜕变 (λ')	沉积 (D)
U	80		12—120		2×10^{-3}	2
Io	8×10^{-5}—15×10^{-5}		7×10^{-6}—7×10^{-4}	2×10^{-3}	10^{-6}—10^{-4} [2]	1.2×10^{-3}
Ra	6×10^{-6}		1×10^{-7}	2×10^{-6}—2×10^{-4}	2×10^{-4}	2×10^{-6}
Th	15—30		0.06—6		10^{-7}—10^{-5}	10—20
^{14}C	2×10^{-6}	$E\,1.8\times10^{-4}$ $S\,1.6\times10^{-4}$	1×10^{-4}		1.8×10^{-5}	2×10^{-6}

1） 单位为$\mu g\,m^{-2}a^{-1}$

L为由陆地供给的速度；

E为由大气侵入的速度；

S为向大气散逸的速度；

P为有机物生产的速度；

B为因生物的分解作用而产生的无机元素再生的速度；

λ为放射性元素生成的速度；

λ'为放射性蜕变速度；

D为沉积速度；公式：$L+B+\lambda+E=D+\lambda'+P+S$

2） 据海水中的放射性蜕变得出的。

摘自：〔日〕堀部　純男等著．（1977），海水の化学，p.207，第3刷発行．

河流和海洋的放射性元素平均含量

元素	河流 ($\mu g l^{-1}$)	海水 ($\mu g l^{-1}$)	海洋生物 ($\mu g g^{-1}$)	沉积物 ($\mu g g^{-1}$)	真光带内（100米）的含量 ($\mu g m^{-2}$)
U	1	3	0.1—1	1	3×10^{5}
Io[1]	$1-2\times10^{-6}$	$6\times10^{-8}—6\times10^{-6}$	$6\times10^{-8}—5\times10^{-6}$	$6\times10^{-4}—12\times10^{-4}$	$6\times10^{-3}—0.6$
Ra	0.7×10^{-7}	1.2×10^{-7}	1×10^{-9}	1×10^{-6}	0.012
Th[1]	0.2×0.4	$5\times10^{-4}—5\times10^{-2}$	$5\times10^{-4}—5\times10^{-2}$	5—10	50—5000
^{14}C	2.5×10^{-8}	3.5×10^{-8}	0.8×10^{-6}	2×10^{-7}	3.5×10^{-3}

1）假设锾和钍的放射性比为20。

摘自：〔日〕堀部　純男等著．（1977）．海水の化学．P，200，第3刷発行．

主要人工核素

I 裂变产物[1)]

核素	半衰期	由热中子引起的^{235}U裂变产生的链总产量	放射性子核产物	子核半衰期
^{89}Sr	51d	4.8	—	
^{90}Sr	28a	5.8	^{90}Y	64h
^{91}Y	58d	5.8	—	
^{95}Zr	65d	6.4	^{95}Nb	35d
^{103}Ru	40d	2.9	^{103m}Rh	57min
^{106}Ru	368d	0.4	^{106}Rh	35s
^{125}Sb	2.7a	0.04	—	
^{129m}Te	33d	1.0	^{129}Te	70min
			^{129}I	$1.7\times10^{7}a$
^{137}Cs	30a	6.0	^{137m}Ba	2.6min
^{141}Ce	33d	5.8	—	
^{144}Ce	282d	5.6	^{144}Pr	17.3min
			^{144}Nd	$2\times10^{15}a$
^{147}Pm	2.6a	2.6	^{147}Sm	$1\times10^{11}a$
^{155}Eu	1.8a	0.03		

II 中子活化产物

核素	半衰期	核素	半衰期
^{3}H	12.3a	^{58}Co	72d
^{14}C	5730a	^{60}Co	5.2a
^{32}P	14.4d	^{63}Ni	约100a
^{35}S	87d	^{65}Zn	246d
^{46}Sc	84d	^{108m}Ag	>5a
^{51}Cr	27.8d	^{110m}Ag	253d
^{54}Mn	300d	^{113m}Cd	14a
^{55}Fe	2.8a	^{152}Eu	12.5a
^{59}Fe	45d	^{203}Hg	47d
^{57}Co	270d		

1) 某些裂变过程也可以由中子捕获过程产生.

摘自: Riley, J. P. and Skirrow, G.(1975). *Chemical Oceanography*, Vol. 3, p. 160, 2nd Ed.

大洋放射性核素总量中人为来源所占部分的估计值[1]

核素来源	放射性核素的估计值（Ci）	
	1970	2000
核爆炸	$2—6\times10^{8}$	$n\times10^{8}$
裂变产物	10^{9}	$n\times10^{9}$
氚		
反应堆及附属工厂		
裂变和活化产物（氚除外）	3×10^{5}	3×10^{7}
氚	3×10^{5}	$n\times10^{8}$
总量	约10^{9}	约10^{9}

1）来自核爆炸数量的预测值是假定大气层中核试验将保持与1968—1970年期间相同速率。

摘自：Riley, J. P. and Skirrow, G. (1975). *Chemical Oceanography*. Vol. 3, p. 158. 2nd Ed.

宇宙成因核素的半衰期

核素	半衰期
^{7}Be	52.9d
^{3}H	12.3a
^{32}Si	300a
^{14}C	5730a
^{10}Be	1.5×10^{6}a
^{53}Mn	3.7×10^{6}a
^{26}Al	0.75×10^{6}a

摘自：Riley, J.P.and Chester, R.(1978). *Chemical Oceanography*. Vol. 7.p.351.2nd Ed.

宇宙射线产生的有关核素的基本数据[1]

核　　素	^{3}H	^{7}Be	^{10}Be	^{14}C	^{26}Al	^{32}Si
半衰期 (a)	12.3	0.145	2.5×10^{6}	5730[2]	7.4×10^{5}	500[3]
在整个大气圈中的生长速度[4] ($atom\,cm^{-2}s^{-1}$)	0.25	0.081	0.045	2.5	1.4×10^{-4}	1.6×10^{-4}
在整个地球总量中所占部分 大气圈	0.072	0.71	3.9×10^{-7}	0.019	1.4×10^{-6}	2.0×10^{-3}
陆地表层[5]	0.27	0.08	0.29[6]	0.04	0.29[6]	0.20[5]
大洋——混合层[7]	0.35	0.2	5.7×10^{-6}	0.022	1.4×10^{-5}	0.0035
大洋——不包括混合层	0.3	0.002	10^{-4}	0.92	7×10^{-5}	0.68
大洋沉积物	0	0	0.71	0.004	0.71	0.028
大洋中平均浓度 ($10^{-3}dpm\,kg^{-1}$·水)	36	—	10^{-3}	260	1.2×10^{-5}	2.4×10^{-2}
大洋中的平均比放射性 ($dpm\,g^{-1}$·元素)	3.3×10^{-4}	—	1600	10	0.0012	0.003
全球总量(kg)	3.5	3.2×10^{-3}	4.3×10^{5}	7.5×10^{4}	1.1×10^{3}	1.4
全球总量(MCi)	35	1.1	6.4	340	0.020	0.023

1）根据Lal和Peters的数据（1967）汇编，应特别指出：部分数据为近似值．
2）5568这一早期数值在许多测年法中仍继续被沿用．
3）最近报道，这一值受两个因素之一的影响而变化，因而误差较大．
4）这些生成速率是根据宇宙射线粒子的通量及有关反应截面的数据计算得到的．根据全球总量所作的估计，对某些核素是适用的．
5）包括表土层、陆上生物圈和地下水．
6）这部分中的某些核素，在蜕变前可能迁入海洋．
7）浅中混合层，大约为水深为75m以上的水层．
摘自：Riley, J.P.and Skirrow, G.（1975）.*Chemical Oceanography*.Vol.3, p.140,2nd Ed.

被吸收的放射性核素和总放射性核素在不同粒度的沉积物颗粒中的分布

沉积物产地	粒度大小 (μm)	wt%	每一粒度的分布系数（表中数值×10²）									
			^{90}Sr	^{137}Cs	^{106}Ru	^{59}Fe	^{65}Zn	^{60}Co	^{147}Pm	^{54}Mn	$^{95}Zr/Nb$	^{144}Ce
荷兰瓦登海	>64	51.1±4.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.8	0.0	0.0	0.3	0.4
	32—64	21.7±4.5	0.0	1.6	3.1	76.0	0.0	3.7	0.0	1.4	42.0	3.3
	16—32	9.5±3.2	0.0	5.4	0.0	53.0	260.0	65.0	0.0	35.0	66.0	120.0
	8—16	5.6±2.0	0.0	12.0	7.3	370.0	490.0	59.0	0.0	8.0	1040.0	950.0
	4—8	8.4±1.9	0.0	16.0	5.2	510.0	380.0	430.0	320.0	480.0	1220.0	540.0
	<4	3.7±0.8	26.0	6.2	4.7	540.0	112.0	220.0	280.0	97.0	670.0	124.0
摩纳哥外地中海	>64	0	—	—	—	—	5.2	—	—	—	—	—
	32—64	3.0±1.3	15.0	2.8	41.0	15.0	68.0	380.0	24.0	19.0	117.0	32.0
	16—32	15.2±4.2	2.5	1.3	11.0	101.0	140.0	540.0	0.8	41.0	290.0	73.0
	8—16	36.5±8.6	7.6	1.4	22.0	118.0	150.0	730.0	4.5	61.0	150.0	82.0
	4—8	39.1±7.5	9.3	2.3	34.0	183.0	140.0	820.0	101.0	76.0	310.0	147.0
	<4	6.2±1.9	5.9	0.5	7.8	63.0	97.0	140.0	130.0	23.0	160.0	41.0

沉积物产地	粒度大小 (μm)	wt%	放射性 (μCi g^{-1}，干重)	
爱尔兰海塞拉菲尔德附近的输油管出口处	100—200	26.0	2.0×10^{-4}	
	50—100	27.4	3.0×10^{-4}	
	20—50	22.6	9.0×10^{-4}	比放射性 = $(1.3\pm0.4)\times10^{-6}$ μCicm^{-2}
	10—20	14.0	2.5×10^{-3}	
	4—10	6.1	4.6×10^{-3}	
	<4	4.0	6.2×10^{-3}	

摘自：Riley, J.P. and Skirrow, G. (1975), *Chemical Oceanography*, Vol. 1, p.429, 2nd Ed.

三个天然放射系所属的放射性同位素在大洋中的浓度

同位素	半衰期	衰变类型	海水中的平均浓度估算值 ($g\ l^{-1}$)	沉积物表面的平均浓度估算值 ($g\ g^{-1}$)	沉积物表面的浓度范围 ($g\ g^{-1}$)
^{238}U	$4.5\times10^{9}a$	α	3.0×10^{-6}	1×10^{-6}	$(0.4-80)\times10^{-6}$
^{235}U	$7.13\times10^{8}a$	α	2.1×10^{-8}	7.1×10^{-9}	
^{234}U	$2.48\times10^{5}a$	α	1.6×10^{-10}	8.1×10^{-11}	
^{234}Pa	1.14min	β	1.4×10^{-19}	4.7×10^{-20}	
^{231}Pa	$3.43\times10^{4}a$	α	$<2\times10^{-12}$	1×10^{-11}	$(0.08-9)\times10^{-11}$
^{234}Th	24.1d	β	4.3×10^{-17}	1.4×10^{-17}	
^{232}Th	$1.42\times10^{10}a$	α	$<2\times10^{-8}$	5.0×10^{-6}	$(1-16)\times10^{-6}$
^{231}Th	25.6h	β	8.6×10^{-20}	2.9×10^{-20}	
^{230}Th	$8.0\times10^{4}a$	α	$<3\times10^{-13}$	2.0×10^{-10}	$(0.3-20)\times10^{-10}$
^{228}Th	1.91a	α	4.0×10^{-18}	7×10^{-16}	
^{227}Th	18.17d	α	$<7.0\times10^{-20}$	1.3×10^{-17}	
^{228}Ac	6.13h	β	1.5×10^{-21}	2.4×10^{-19}	
^{227}Ac	21.6a	β,α	$<1\times10^{-15}$	5.9×10^{-15}	
^{228}Ra	6.7a	β	1.4×10^{-17}	2.3×10^{-15}	
^{226}Ra	$1.622\times10^{3}a$	α	1.0×10^{-13}	4.0×10^{-12}	$(0.3-40)\times10^{-12}$
^{224}Ra	3.64d	α	2.1×10^{-20}	3.4×10^{-18}	
^{223}Ra	11.68d	α	$<4.4\times10^{-20}$	8.5×10^{-18}	
^{223}Fr	22min	β	$<7.0\times10^{-24}$	1.4×10^{-21}	
	3.823d	α	6.3×10^{-19}	2.5×10^{-17}	
^{220}Rn	51.5s	α	3.3×10^{-24}	5.4×10^{-22}	

续 表

同位素	半衰期	衰变类型	海水中的平均浓度估算值 ($g\,l^{-1}$)	沉积物表面的平均浓度估算值 ($g\,g^{-1}$)	沉积物表面的浓度范围 ($g\,g^{-1}$)
^{215}Rn	3.92s	α	$<1.7\times10^{-25}$	3.1×10^{-23}	
^{216}Po	3.05min	α	3.4×10^{-22}	1.4×10^{-20}	
^{216}Po	0.158s	α	1.0×10^{-26}	1.7×10^{-24}	
^{215}Po	1.83×10^{-3}s	α	$<8.1\times10^{-29}$	1.4×10^{-26}	
^{214}Po	1.64×10^{-4}s	α	3.0×10^{-28}	1.1×10^{-29}	
^{212}Po	3.04×10^{-7}s	α	1.2×10^{-32}	2.4×10^{-26}	
^{211}Po	0.52s	α	$<6.8\times10^{-29}$	1.2×10^{-26}	
^{210}Po	138.4d	α	2.2×10^{-17}	8.8×10^{-16}	
^{214}Bi	19.7min	β	2.1×10^{-21}	8.8×10^{-20}	
^{212}Bi	60.5min	β,α	2.2×10^{-22}	3.7×10^{-24}	
^{211}Bi	2.16min	α,β	$<5.6\times10^{-24}$	1.0×10^{-21}	
^{210}Bi	5.01d	β	7.8×10^{-19}	3.1×10^{-17}	
^{214}Bb	26.8min	β	2.9×10^{-21}	1.2×10^{-19}	
^{212}Pb	10.6h	β	2.4×10^{-21}	3.9×10^{-19}	
^{211}Pb	36.1min	β	$<9.0\times10^{-28}$	1.6×10^{-20}	
^{210}Pb	19.4a	β	1.1×10^{-15}	4.5×10^{-14}	
^{208}Tl	3.10min	β	4.1×10^{-24}	6.7×10^{-22}	
^{207}Tl	4.79min	β	$<1.2\times10^{-23}$	2.1×10^{-21}	

摘自：Horne, R. A. (1969). *Marine Chemistry*. p. 295.

宇宙射线产生的和人工产生的同位素在海洋中的浓度

同位素	半衰期	表层海水中的浓度估算值 (g l^{-1})	沉积物表面的浓度估算值 (g g^{-1})
宇宙射线产生的同位素			
^{39}Cl	1h	—	—
^{35}S	87d	$<1.8\times10^{-18}$	—
^{32}P	14.3d	$<1.5\times10^{-18}$	—
^{33}P	25d	$<3.1\times10^{-18}$	—
^{32}Si	710a	5×10^{-19}	$(0—2)\times10^{-16}$
^{22}Na	2.6a	—	—
^{14}C	5570a	$(2—3)\times10^{-14}$	$(0.1—1)\times10^{-12}$
^{10}Be	2.5×10^{6}a	$(0.7—8)\times10^{-17}$	$(1—3)\times10^{-13}$
^{7}Be	53d	$<4.5\times10^{-17}$	—
^{3}H	12.26a	$(0.7—5)\times10^{-16}$	—
人工产生的同位素			
^{147}Pm	2.8a	$(0.2—3)\times10^{-17}$	—
^{144}Ce	285d	$(0.1—2.5)\times10^{-17}$	—
^{137}Cs	28a	$(0.5—1.2)\times10^{-15}$	—
^{90}Sr	28a	$(0.6—7)\times10^{-15}$	—
^{36}Cl	3.1×10^{5}a	$<5\times10^{-18}$	—
^{14}C	5570a	$\sim3\times10^{-16}$	—
^{3}H	12.26a	$(0.1—1)\times10^{-15}$	—

摘自：Horne, R. A. (1969). *Marine Chemistry*, p. 299.

宇宙射线产生的放射性同位素在地球

交换区域	放射性				
	^{10}Be	^{26}Al	^{36}Cl	^{14}C	^{32}Si
同温层	3.7×10^{-7}	1.3×10^{-6}	10^{-6}	3×10^{-3}	1.9×10^{-3}
对流层	2.3×10^{-8}	7.7×10^{-8}	6×10^{-8}	6×10^{-2} 1)	1.1×10^{-4}
海洋混合层	8×10^{-6}	2×10^{-5}	2×10^{-2}	2.3×10^{-2}	5×10^{-3}
海洋深层	1.4×10^{-4}	10^{-4}	0.98	0.91	0.96
海洋沉积物	0.999	0.999	0	10^{-2}	4×10^{-2}
λ (a^{-1})	2.8×10^{-7}	9.4×10^{-7}	2.2×10^{-6}	1.24×10^{-4}	1.4×10^{-3}
规格化系数（为得到各交换区域以蜕变次数 $cm^{-2}min^{-1}$ 示的数值，而加校正的）	2.7	$1.4—10^{-2}$	0.21	108	9.6×10^{-3}

1）包括生物圈和腐植土中的含量.

2）包括大陆水圈中的含量.

摘自：Lal, D. (1967) . In *Radioactive Dating*, International Atomic

各交换区域的稳态分布和衰变速率

同位素							
^{39}Ar	^{3}H	^{22}Na	^{35}S	^{7}Be	^{37}Ar	^{33}P	^{32}P
0.16	6.8×10^{-2}	0.25	0.57	0.60	0.63	0.64	0.60
0.83	4×10^{-3}	1.7×10^{-2}	8×10^{-2}	0.11	0.37	0.16	0.24
5×10^{-4}	0.50[2]	0.62	0.34	0.28	0	0.19	0.16
3×10^{-3}	0.43	0.11	6×10^{-3}	3×10^{-3}	0	10^{-3}	1.5×10^{-4}
0	0	0	0	0	0	0	0
2.3×10^{-3}	5.6×10^{-2}	0.27	2.9	4.8	7.2	10	17.7
0.34	15	3.4×10^{-3}	8.4×10^{-2}	4.9	0.05	4.1×10^{-4}	4.9×10^{-2}

Energy Agency, Vienna, p. 149.

核弹爆炸对海水^{14}C含量的影响

地　　区	Δ^{14}C(未就核弹爆炸的Δ^{14}C加以校正)	Δ^{14}C (1956年以前)	Δ^{14}C(就核弹的Δ^{14}C加以校正)
北大西洋(60°—80°N)	−35	—	−40
北大西洋(15°—40°N)	−49	−47	−54
加勒比海	−56	−46	−57
南大西洋(0°—40°S)	−57	—	−63
Falkland流	−77	—	−80
南极(<3°C)	−120	—	−124
南太平洋(15°—42°S)	−41	−54	−51

摘自：Horne. R. A., Marine Chemistry. p. 307.

根据^{14}C含量估算大西洋海水的年龄

深　　度(m)	Δ^{14}C(‰)	和水源的差别(‰)	近似的年龄(a)
北大西洋发源的深层水			
表　　层	−35	—	—
200—400	−71	36	300
800—1100	−98	63	600
122—2500	−102	67	650
1200—2500	−75	40	350
西部边界			
2500—4000	−105	70	700
>4000	−100	65	650
南大西洋发源的深层水			
表层1—3°	−121	—	—
表层3—7°	−80	—	—
表层12°	−49	—	—
200—400m	−64	15	120
600—1200m	−128	38	300
1200—2500m	−130	9	75
>500m	−144	<23	<200

摘自：Broecker, W. S., Gerard, R. D., Ewing, M. and Heezen, B. C. (1961), *Geochemistry and Physics of Ocean Circulation*, in M. Sears, ed., Oceanography, Am. Assoc. Advan. Sci. Pub. No. 67, Washington, D. C.

海水中碳的同位素比值

级份	海区	深度(m)	$\delta^{13}C$ (‰)	$\delta^{14}C$ (‰)	"年龄" (a, 距今)
$^{13}C/^{12}C$比值					
无机碳	大西洋	0—3000	+2—−1		
溶解有机碳	东北太平洋	0—3000	−21.2—−24.4		
颗粒有机碳	东北太平洋	0—3000	−22.0—−24.3		
混合浮游生物	东南太平洋	0—200	−18.0—−21.2		
深层鱼和甲壳动物	东北太平洋	400—2100	−18.0—−20.2		
$^{14}C/^{12}C$比值					
无机碳(1958—1960)	东北太平洋	表层		−1—−3	
无机碳(1964—1967)	东北太平洋	表层		+13.5±1	
无机碳(1959)	东北太平洋	2000			2194±70
无机碳(1966)	东北太平洋	2000			1480±80
溶解有机碳(1968—1969)	东北太平洋	1880		−351	3470±330
溶解有机碳(1968—1969)	东北太平洋	1920		−341	3350±300
浮游动物(1967)	太平洋近岸	表层		+12.7—+14.0	
各种深层甲壳动物和鱼类(1966—1968)	东北太平洋	400—2100		+18.0—+6.0	
Lepidopharres blackii (1968)	东北太平洋	2100		−1.4	

摘自：Riley, J. P. and Skirrow, G. (1975), *Chemical Oceanography*, Vol. 2, p. 348 2nd Ed.

近岸缺氧沉积物中铀的堆积速率

海　　区	堆积速率 ($\mu g\ cm^{-2}a^{-1}$)	参考文献
圣巴巴拉海盆	0.128	Veeh(1967)
加利福尼亚海	0.53	Veeh(1967)
黑海	0.145	Veeh(1967)
亚速海	0.129	Veeh(1967)
波罗的海	0.04—0.2	Kolodny and Kaplan (1971)
不列颠哥伦比亚萨阿尼奇内湾	1.500	Kolodny and Kaplan (1971)
卡里亚科海沟	0.450—0.910	Dorea and Rona (1971)
西南非洲陆架	0.240—0.770	Veeh et al.(1974)
尤加丹陆架	0.06	Sackett and Cook(1969); Mo et al.(1973)

摘自：Riley, J. P. and Chester, R. (1976). *Chemical Oceanography*. Vol. 6. p. 263. 2nd Ed.

海水中的铀

取样地点[1]	样品数量	U(μg l⁻¹) 范围	平均	分析方法[2]	参考文献
北太平洋、北大西洋、墨西哥湾和佛罗里达海峡	9	3.21—3.60	3.39	二（2-乙基己基）磷酸氢盐法萃取法；质谱同位素稀释	Rona et al., (1956)
印度洋	28	1.4 —3.4	2.2	甲基紫共结晶法；荧光法	Baranov and Khristianova (1959)
比斯开湾、英吉利海峡	10	3.2—3.6	3.3	8-羟基喹啉溶剂萃取，$AlPO_4$共沉淀法；NaF荧光法；^{237}U同位素稀释脉冲极谱法；同位素稀释质谱法等几种方法	Wilson et al., (1960)
黑海	53	1.5—2.8	2.0±0.3	荧光法	Nikolaev et al., (1960)
西北太平洋——大洋水0—110m	5	1.9—2.6	2.3	$Fe(OH)_3$共沉淀；二苯酰甲烷分光光度法	Miyake and Sugimura (1964)
370—7000m	20	2.0—4.7	3.3		
沿岸水0—200m	5	1.6—2.0	1.9		
400—1000m	5	2.0—5.0	3.3		Miyaka et al., (1964)
印度洋、南大洋、南中国海	100	2.5—3.5	3.0	$AlPO_4$共沉淀法；NaF荧光法	Torii and Murata(1964)
南大洋次表层水	25	2.8—3.5	3.1		
南太平洋、大西洋、加勒比海、北冰洋	—	1.6—3.3	—		Thurber (1964)
北大西洋	2	均3.7	3.7		Moore and Sackett(1964)
美国沿岸水（盐度有较大降低）	7	0.98—4.5	1.8	$Fe(OH)_3$共沉淀法；NaF	Blanchard (1966)
	15	0.98—6.4	2.2	荧光法	Blanchard and Oakes (1965)

续 表

取样地点	样品数量	U(μg l⁻¹)[1] 范围	U(μg l⁻¹)[1] 平均	分析方法[2]	参考文献
北大西洋沿岸水	2	2.9—3.2	3.0	$AlPO_4$共沉淀法；α计数法	Umemoto (1965)
北大西洋——表层水	6	2.52—3.78	3.63	螯合离子交换法；砒偶氮(Ⅲ)分光	Miyake et al., (1966)
630—6780m	12	1.96—3.79	3.15	光度法	
黑海——近底层	16	0.7—7.0	2.0	荧光法	Baturin et al., (1966)
其他深水层	36	1.2—5.0	2.9		
墨西哥湾——大洋水	—	3—4	—	α能谱法	Noakes et al., (1967a)
沿岸和陆架水	—	2—3	—		
阿拉伯海沿岸水	4	2.7—3.0	2.8	$Fe(OH)_3$共沉淀法；荧光法	Sarma and Krishnamoorthy (1968)
墨西哥湾——大洋水	6	3.4—3.8	3.5	$Fe(OH)_3$共沉淀法；α能谱法	Sackett and Cook (1969)
沿岸水[3]	9	2.1—17.3	—		
印度洋大洋水[4]	—	—	3.5±0.13	$Fe(OH)_3$共沉淀法；α计数法；^{232}U同位素稀释法	Bhat et al., (1969)
西北太平洋——表层水	22	2.6—3.7	3.4	阴离子交换法；砒偶氮(Ⅲ)分光光度法	Miyake et al., (1970a)
500m以下海水	9	2.9—3.6	3.3		
沿岸水	3	2.4—3.2	2.8		
(未标明)	1		3.31	中子活化法；深冷试样裂变径迹分析法	Bertine et al., (1970)
北太平洋，地球化学断面站 10—4000m	16	2.92—3.52[5]	3.16[5]	同上法。测近岸试样时用α能谱法校准	Turekian and Chan (1971)

续 表

取样地点	样品数量	U(μgl⁻¹) 范围	平均	分析方法	参考文献
长岛海峡低盐水	1		2.87		
日本沿岸水	4	3.28—3.48	3.40±0.12	$AlPO_4$共沉淀法；中子活化法；裂变径迹分析法	Hashimoto (1971)
(未标明)	1		3.1		
西北太平洋——表层水（包括日本海）	24	2.87—3.78	3.41	胶体浮选法；罗丹明B分光光度法	Leung et al., (1972)
500m以下海水	20	2.40—3.42	3.01	螯合离子交换树脂法；砒偶氮（Ⅲ）分光光度法	Miyake et al., (1972)
沿岸水	9	2.39—3.62	3.23		

1）深度未标明者，一般为表层水，有的为表层和次表层混合水。

2）方法详系介绍有，前面的方法是预浓缩方法，后面的方法是测定方法。

3）包括河口水，有的是人为加入铀的水。

4）沿岸水的铀含量低达2μgl⁻¹。

5）个别样品含量，由于贮存和过滤方法不同，结果得出不同的含量范围，水样蒸发后，用中子活化法和γ能谱法测定的平均值约为3—4μgl⁻¹。

摘自：Riley, J. P. and Skirrow, G. (1975). *Chemical Oceanography*, Vol. 3, p. 100, 2nd Ed.

海水中 ^{234}U 与 ^{238}U 的放射性比值

取样地点[1]	样品数量	$^{234}U/^{238}U$ 范围	$^{234}U/^{238}U$ 平均	参考文献
太平洋，大西洋	4	—	1.15±0.02	Thurber (1963)
南太平洋，大西洋，加勒比海和北冰洋	—	—	1.15	Thurber (1964)
北大西洋	2	—	1.14	Moore and Sackett (1964)
黑海	2	1.05—1.15	—	Kazachevskii *et al.* (1964)[2]
亚速海	1	—	1.20	Kazachevskii *et al.* (1964)[2]
咸海	1	—	1.19	Kazachevskii *et al.* (1964)[2]
太平洋、大西洋、印度洋和地中海	19	1.13—1.17	1.14±0.014	Koide and Goldberg (1965)
红海	1	—	1.18±0.01	Koide and Goldberg (1965)
西北太平洋	2	1.17—1.18	1.18	Umemoto (1965)
美国沿岸水	7	1.13—1.16	1.15	Blanchard (1965)
太平洋	4	1.14—1.16	1.15	Somayajulu and Goldberg (1966)
西北太平洋	18	1.02—1.20	1.09±0.05	Miyake *et al.* (1966)
阿拉伯海沿岸水	4	1.15—1.18	1.16	Sarma and Krishnamoorthy (1968)
东北太平洋——				
南极辐合带北部	3)	—	1.13±0.02	Veeh (1968)
南极辐合带南部	3)	—	1.15±0.02	Veeh (1968)
墨西哥湾大洋水	7	1.14—1.18	1.16	Sackett and Cook (1969)
西北太平洋	—	—	1.17±0.007	Cherdyntsev (1969)
黑海	—	—	1.17±0.01	Cherdyntsev (1969)
西北太平洋	34	1.07—1.20	1.13±0.04	Miyake *et al.* (1970a)
南太平洋（50—3500m）	14	1.11—1.17	1.14±0.02	Krishnaswamy *et al.* (1970)
西北太平洋	63	0.99—1.20	1.12±0.04	Miyake *et al.* (1972)

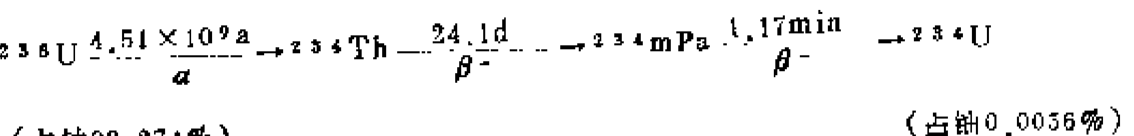
1）有时所分析的是表层水和次表层水．　2）Nikolaev等人曾报道，黑海和亚速海的数值较高．

3）复合水样．

摘自：Riley, J. P. and Skirrow, G. (1975). *Chemical Oceanography*. Vol. 3, p. 103, 2nd Ed.

铀、钍及锕-铀系的主要关系

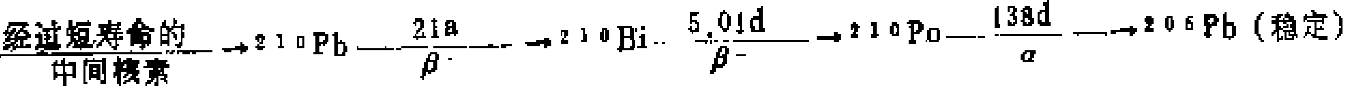
铀系



$$^{238}U \xrightarrow[\alpha]{4.51\times10^{9}a} {}^{234}Th \xrightarrow[\beta^-]{24.1d} {}^{234m}Pa \xrightarrow[\beta^-]{1.17min} {}^{234}U$$

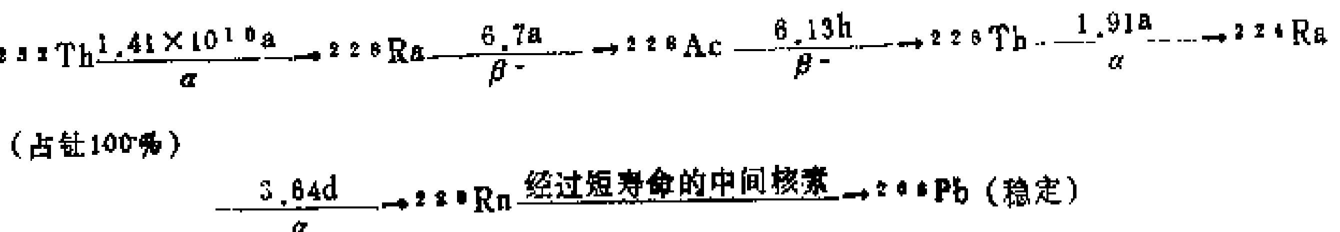
（占铀99.274%）　　　　（占铀0.0056%）

$$\xrightarrow[\alpha]{2.47\times10^{5}a} {}^{230}Th \xrightarrow[\alpha]{7.52\times10^{4}a} {}^{226}Ra \xrightarrow[\alpha]{1602a} {}^{222}Rn \xrightarrow[\alpha]{3.82d} {}^{218}Po$$



$$\xrightarrow[\text{中间核素}]{\text{经过短寿命的}} {}^{210}Pb \xrightarrow[\beta^-]{21a} {}^{210}Bi \xrightarrow[\beta^-]{5.01d} {}^{210}Po \xrightarrow[\alpha]{138d} {}^{206}Pb\ (\text{稳定})$$

钍系

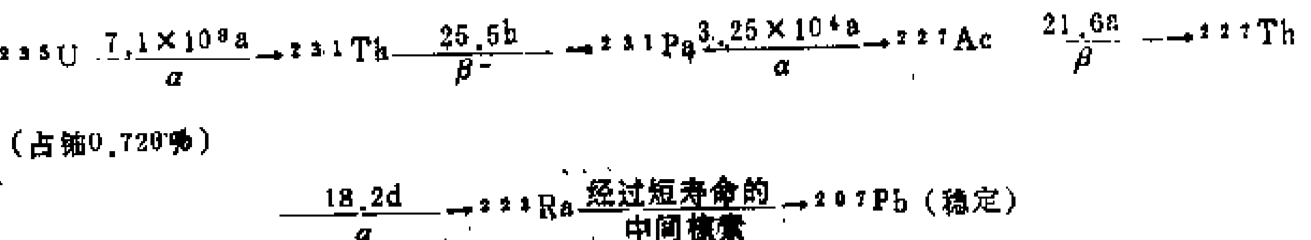


$$^{232}Th \xrightarrow[\alpha]{1.41\times10^{10}a} {}^{228}Ra \xrightarrow[\beta^-]{6.7a} {}^{228}Ac \xrightarrow[\beta^-]{6.13h} {}^{228}Th \xrightarrow[\alpha]{1.91a} {}^{224}Ra$$

（占钍100%）

$$\xrightarrow[\alpha]{3.64d} {}^{220}Rn \xrightarrow{\text{经过短寿命的中间核素}} {}^{208}Pb\ (\text{稳定})$$

锕-铀系



$$^{235}U \xrightarrow[\alpha]{7.1\times10^{8}a} {}^{231}Th \xrightarrow[\beta^-]{25.5h} {}^{231}Pa \xrightarrow[\alpha]{3.25\times10^{4}a} {}^{227}Ac \xrightarrow[\beta]{21.6a} {}^{227}Th$$

（占铀0.720%）

$$\xrightarrow[\alpha]{18.2d} {}^{223}Ra \xrightarrow[\text{中间核素}]{\text{经过短寿命的}} {}^{207}Pb\ (\text{稳定})$$

摘自：Riley, J. P. and Skirrow, G. (1975). *Chemical Oceanography*, Vol. 3, P. 98, 2nd Ed.

海水中钍的同位素含量

海区	采水深度 (m)	^{232}Th ($\times 10^{-9} g l^{-1}$)	^{230}Th ($\times 10^{-14} g l^{-1}$)	Io/Th	$^{228}Th/^{232}Th$	测定者
北太平洋西部	0(12)[1]	1.0—7.8	0.3—6.8	0.9—5.4	2.7—36	三宅，杉村，安島
	500—5000(6)	0.7—28	1.3—8.6	0.5—3.5	1.7—9.3	
东部	0—2500(3)	0.2—0.65	0.9—3.0	6—10	10—25	Goldberg等
赤道区	0—4800(8)	1.0—7.9	26—204	14—172	—	Kuznetson等
北大西洋	0—4500(4)	0.3—4.5	0.9—3.5	1.5—2.7	12—16	Moore等
北美沿岸水	0(1)	13	6	0.9	1	Goldberg等
骏河湾	0—1000(3)	60—90	2007—00	6—22	—	三宅，杉村
日本海	0—3000(4)	1.7—4.3	0.3—1.5	0.6—2.1	10—20	三宅，杉村，安島
东中国海	0(5)	1.0—15	1.1—10	0.9—3.3	2.5—21	三宅，杉村，安島

1）（ ）表示试样数。

摘自：〔日〕堀部 純男等著.（1977）. 海水の化学. p. 358. 第3刷発行.

北大西洋深层水中镧系元素的平均浓度

元 素	浓 度 (ngl⁻¹)	元 素	浓 度 (ngl⁻¹)
La	3.4	Er	0.87
Nd	2.8	Lu	0.15
Gd	0.70	Pr	0.64
Ho	0.22	Eu	0.13
Yb	0.82	Dy	0.91
Ce	1.2	Tm	0.17
Sm	0.45	Y	1.33
Tb	0.14		

摘自：Riley, J. P. and Skirrow, G. (1975). *Chemical Oceanography*. Vol. 1. p. 470. 2nd Ed.

取样地点	^{232}Th ($10^{-10}gl^{-1}$)
内陆海和近岸水	
黑海（9个样品）	24(14-39)
黑海	(14-73)
亚速海（7个站）	(40-2190)
加利福尼亚沿岸水（1个样品）	130
日本沿岸水（6个样品）	150(50-220)[3]
北亚得里亚海（$S=21-24‰$）未过滤（5个样品）	14(0.2-80)
过滤（0.45μm，5个样品）	0.003(<0.0002-0.008)
（S约36‰） 未过滤（8个样品）	25(1-60)
过滤（0.45μm，8个样品）	0.004(0.002-0.006)
大洋水	
北大西洋（表层），加勒比海（表层和300m）（3个样品）	5.5(3.6-6.4)
北大西洋4500m（1个样品）	45
太平洋0—2500m（3个样品）	3.9(2.0-6.5)
赤道太平洋（0—4800m）（8个混合样品）	39(10-79)
太平洋、西北大西洋及邻近海域（24个样品混合）	0.69
西北太平洋、东中国海和日本海（27个表层和次表层样品）	42(1-280)
北太平洋（现场取样）	<0.8
北大西洋3—5400m（16个样品）	
南大西洋（鲸鱼海脊区域）（8个样品）	
北大西海、加勒比海、墨西哥湾（37个样品）[7]	
南大西洋（4个样品）	
印度洋（15个样品）	
北太平洋（17个样品）	
南太平洋（10个样品）	
北冰洋（1个样品）	
颗粒浓集区域	
日本沿岸水（1个样品）	200
西北太平洋（2个样品）	7(6.6-7.4)
印度洋、南冰洋（37个样品）[8]	3.2(0.2-33)

1）括号中为观测到的浓度范围。　　2）单一大量水样测定。

4）这一同位素由7个样品分别测定。

5）$^{228}Th/^{230}Th$放射性比值为1.5。

6）在采自南非外海大西洋的其他样品中，发现过$<340\times10^{-18}gl^{-1}$的值，上限较高表明所分析的是小体积样品。

的同位素

^{230}Th ($10^{-14} g l^{-1}$)	^{228}Th ($10^{-18} g l^{-1}$)	放射性比值 $^{230}Th/^{232}Th$	放射性比值 $^{228}Th/^{232}Th$
40±5[2]		约30[2]	
25±10			
78[2]	9.8[2]	2.7[2]	1.4[2]
7	1.8	0.94	1.0
10(5–18)[5]	16(5–25)	1.4(0.8–2.4)	7.7(4.3–9.1)
.9(0.7–1.0)	1.1(0.6–1.4) }	2.6(1.5–3.5) }	14(12–16) }
3.7	7.7		
2.1(1.2–3.7)	0.9(0.6–1.1)	9.1(6.8–10.5)	19(15–25)
94(26–204)		61(13–163)	
	2.0(0.3–4.8)[4]		210
4.8(0.2–9.7)	3.7(0.3–12)	1.9(0.5–5.4)[5]	10(1.7–36)[5]
	3.0(1.2–7.7)		
	2700(800–4800)		
	3.5(1.1–6.2)		
	1.4(1.2–1.7)		
	3.2(0.15–7)		
	0.7(0.2–1.6)		
	<0.4(<0.2–0.6)		
	15		
15	3.2	1.4	1.2
0.54(0.53–0.56)	0.28(0.25–0.32)	1.4(1.4–1.5)	3.0(2.8–3.2)
1.3(0.27–3.7)		11(1.9–27)	

3) 三宅等人（1964a）报道，海湾水数值较高。

7) 这些样品以及布罗克等人所分析过的其余样品，皆为表层水样。

8) 这些样品中18个用来测定^{230}Th。

摘自：Riley, J.P. and Skirrow, G.（1975）.*Chemical Oceanography*. Vol.3.P.114.2nd Ed.

深海沉积物的镭通量

岩心	地理位置	沉积类型	沉积速率 $[cm(10^3a)^{-1}]$	ρ (gcm^{-3})	Ra通量 $(dpmcm^{-2}a^{-1})$	参考文献
Monsoon 49G	印度洋	硅质软泥	0.28	0.3（假定）	0.07	Goldberg and Koide (1963)
Monsoon 57G	印度洋	钙质软泥	0.30	0.7（假定）	0.17	Goldberg and Koide (1963)
DOMES A47-16	北赤道太平洋	硅质软泥-红粘土	0.15	0.30	0.12	Cochran (1978)
DOMES B52-39	北赤道太平洋	硅质软泥-红粘土	0.31	0.34	0.23	Cochran (1978)
DOMES C67-58	北赤道太平洋	硅质软泥-红粘土	0.14	0.46	0.25	Cochran (1978)
FAMOUS 527-3	大西洋（中大西洋洋脊）	钙质软泥	2.9	0.76	0.006	Cochran *et al.* (1976)

摘自：Riley, J. P. and Chester, R. (1978). *Chemical Oceanography*, Vol. 7, p. 336, 2nd Ed.

软体动物和珊瑚中的镭同位素

样品	地理位置	水深 (m)	$^{228}Ra_{过量}$ [dpm(gCa)$^{-1}$]	^{226}Ra [dpm(gCa)$^{-1}$]	海水当量 ^{228}Ra [dpm(100kg)$^{-1}$]	海水当量 ^{226}Ra [dpm(100kg)$^{-1}$]	参考文献
大西洋海岸							
双壳类(*Mercenaria* sp.)	马萨诸塞，科德角	<10	0.20	—	8.4	—	Turekian et al.(1975)
软体动物	蒙托克台地，长岛	<10	0.08	0.08	3.3	3.3	Moore(1969b)
软体动物	佛罗里达，迈阿密	<10	0.05	0.10	2.1	4.2	Moore(1969b)
软体动物	密西西比，比洛克西	<10	0.28	0.16	12	6.8	Moore(1969b)
太平洋海岸							
软体动物	加利福尼亚，拉霍亚	<10	0.08	0.11	3.1	4.5	Moore(1969b)
中大西洋							
造礁珊瑚 (*Montastrea annularia*)	牙买加	<10	0.10	0.15	4.3	6.4	Dodge and Thomson (1974)
造礁珊瑚 (*Diploria labrynthiformis*)	百慕大	<10	0.07	0.15	2.8	6.4	Dodge and Thomson (1974)
中太平洋							
软体动物	塔西提	<10	0.003	0.10	0.10	4.2	Moore(1969b)
深海							
非造礁珊瑚	南大西洋	1000	0.14	0.48	5.9	20	Cochran(unpublished)
双壳类 (*Xylophaga* sp.)	北大西洋	2800	0.09	—	4.0	—	Cochran(unpublished)
双壳类 (1.7mm级) (*Tindaria Callistiformis*)	北大西洋	3800	0.59	—	25	—	Turekian *et. al* (1975)

摘自：Riley, J. P. and Chester, R. (1978), *Chemical Oceanography*, Vol. 7. P. 343. 2nd Ed.

海 水 分 析

标准采样层(m)[1]

0	300	2000
10	400	2500
20	500	3000
30	600	4000
50	(700)	5000
75	800	6000
100	1000	7000
150	1200	
200	1500	等等
(250)		

1) 按1936年国际海洋物理协会规定．

摘自：Riley, J. P. and Skirrow, G. (1975), *Chemical Oceanography*. Vol. 3, p. 201, 2nd Ed.

采水装置相互比较等级

	采水瓶				采水绳		
	MGF	GF	HB	NIS	PCS	SS	KEV
Cd	1	3	2	1	1	2	2
Cu	1	3	2	1	1	2	2
Fe	1	2	3	1	1	3	2
Mn	1	1	1	1	1	1	1
Ni	1	1	2	1	1	2	2
Zn	1	2	2	2	1	2	2

注：1．等级1表示金属浓度最低，3最高．

2．MGF为改良Go-Flo采水瓶．
GF为Go-Flo瓶．HB为Hydro-Bios瓶．
NIS为Niskin瓶．

3．PCS为涂塑料钢丝绳．
SS为不锈钢丝绳．
KEV为Kevlar钢丝绳．

摘自：Bewers, J. M. and Windom, H. L., (1982). Comparison of sampling devices for trace metal determinations in seawater. *Marine Chemistry*, 11 (1), 71—86.

不同存放时间及条件下海水中金属浓度的变化

	瓶1 存放时间 (h)				瓶2	
	1	20	50	120	1	120
Cu(μg l⁻¹)	1.21	1.02	0.87	0.94	1.22	1.18
Pb	0.213	0.175	0.174	0.156	0.219	0.212
Cd	0.043	0.043	0.046	—	0.042	0.045

注：瓶1，酸洗及纯水洗。瓶2，酸洗及纯水洗，然后用人工海水浸泡12小时。

摘自：Nilsen, S.K. and Lund, W.,(1982).*Marine Chemistry*, 11(3), 223—233.

不同取样方式对海水中Cd、Cu、Pb、Zn分析结果的影响

站　位	取样方式	Cd	Cu	Pb	Zn (nmol kg⁻¹)
马尾藻海西南部	游泳者用Teflon瓶采水	0.04	1.6	0.13	0.15
		0.02	(3.6)	0.13	0.17
		0.04	1.9	0.27	0.37
	船上用Go-flo瓶采	0.02	1.3	0.29	1.0
		0.02	1.6	0.43	2.3
	游泳者用Go-flo瓶采	0.03	1.7	0.36	2.0
		0.03	2.4	0.41	2.4
		0.04	2.2	0.37	2.6
佛罗里达海峡	游泳者用Teflon瓶采	0.04	2.5	0.10	0.14
		0.04	3.0	0.22	0.23
	船上用Go-flo瓶采	0.04	3.1	0.45	1.1
		0.05	3.1	0.24	1.3
	游泳者用Go-flo瓶采	0.04	2.7	0.41	1.5
		0.04	3.3	0.43	1.5

摘自：Spencer, M.J., Betzer, P.R., Piotrowicz, S.R., (1982). *Marine Chemistry*, 11 (4), 403—410.

在实验室设备中使用的各种材料

材　　料	Zn	Fe	Sb	Co	Cr
聚氯乙烯	7×10^{3}	2.7×10^{5}	2.7×10^{3}	45	2
聚乙烯					
软管	55	7.4	9×10^{3}	140	254
容器(Nalgene)	28	10^{4}	0.2	7×10^{-2}	76
聚四氟乙烯	9.3	35	0.4	1.7	<30
聚甲基丙烯酸甲脂	<10	<140	$<10^{-2}$	$<5\times10^{-2}$	<10
药用橡皮管[2]	3×10^{6}至4×10^{7}	<100	<100至360	<30至7×10^{3}	4×10^{5}
氯丁橡胶	1.8×10^{7}	um	290	2×10^{3}	um
石英管					
(超纯石英)	<1	nm	$<10^{-2}$	12	2.6
(光谱纯石英)	1.5	400	5×10^{-2}	0.44	6.5
硼硅玻璃	730	3×10^{5}	3×10^{3}	81	um
石英玻璃	um	um	10^{6}	um	um
微孔滤器	2×10^{3}	330	39	13	1.7×10^{4}
基姆威普(Kimwipe)织物	5×10^{4}	10^{3}	16	24	500
钢丝绳	um	—	5×10^{4}	6×10^{4}	um

1）因为各厂家生产的产品及每批产品中痕量金属含量在数量级上可能有变化。

2）数据取自三个不同来源。

nm＝未测量，um＝由于其他放射性核素的干扰无法测定。

摘自：Robertson, D.E. (1968), *Analyt. Chem.* 40, 1067.

中痕量元素含量($ng\ g^{-1}$)[1]

Sc	Cs	Ag	Cu	Hf
4.5	<1	<5	630	nm
11	<100	<200	nm	<100
8×10^{-3}	$<5\times10^{-2}$	<1.1	6.6	<0.5
$<4\times10^{-5}$	$<10^{-2}$	<0.3	22	nm
$<2\times10^{-3}$	$<6\times10^{-2}$	$<3\times10^{-2}$	<9.5	nm
<8至185	<100至580	<700至1240	<6	nm
3×10^{3}	um	<1000	um	nm
0.4	<0.1	$<10^{-2}$	4×10^{2}	$<5\times10^{-3}$
3×10^{-2}	1	5×10^{-2}	2	$<5\times10^{-3}$
106	<100	$<10^{-3}$	nm	600
um	um	um	um	um
0.8	1.5	5×10^{-2}	nm	<0.5
14	<0.1	~0.8	nm	nm
<50	um	um	2×10^{4}	um

这些数据仅仅作为痕量金属一般含量的参考. 测量用仪器中子活化分析法.

在海洋学研究中所用的一些过滤器的性质(μm)

孔　　径	Millipore MF	Nuclepore	Gelman A glass fibre	Flotronics silver membrane
厂商规格	0.45	0.4	0.3	0.8
电子显微镜测量结果	0.4	0.4	1	2
截留实验测定结果[1]	1	0.3	2	2
厂商厚度规格	150	10	—	51
测定结果	180	15	800	45
孔面积占总面积百分率	50	10	5	9
腐植酸的截留(%)[2]	15±2	44±2	5±3	3±1
<4μm粘土的截留(%)[3]	94±1	92±1	57±7	79±14
<4μm粘土的过滤时间(min)[3]	41±2	99±8	6±1	130±34
平均重量的改变(mg)	−0.25	+0.02	−0.16	−0.34
括号中的数字为过滤器原来重量(mg)[4]	(94.44)	(17.65)	(140.50)	(481.84)

1) 从1l含量为1mg的悬浮溶液中以90%的效率被过滤掉的聚苯乙烯球的大小来确定的。

2) 根据对100ml的10mlg⁻¹溶液的过滤。

3) 从100ml含量为50mlg⁻¹悬浮溶液的过滤来确定的。

4) 用干燥过（60°C）、称重过的过滤器对1升去离子水进行过滤，然后再干燥、再称重。将一放射性电离源放在天平中，以使静电效应减至最小。

摘自：Cranston, R. E. and Buckley, D. E. (1972), *Environ. Sci Tech*, 6, 274.

在某些试剂和溶剂中痕量金属的典型浓度(ng g^{-1})[1)]

样品	Zn	Fe	Sb	Co	Cr
石英蒸馏水	1-10	<0.2-1	0.06-0.10	0.04-0.20	2-10
二次蒸馏水	~1	<0.2	<0.01	<0.02	~2
三次蒸馏水	~0.5	~1	<0.02	<0.02	12
硝酸[2)]	13	~2	~0.03	0.02	72
盐酸[2)]	22	~1	0.20	0.09	1-1
氢氧化钠[2)]	<20	<900	0.32	5.5	60
氨溶液[2)]	2	<0.1	<0.006	~0.009	<0.04
四氯化碳[3)]	1.2	10	0.3	~0.003	<50
氯仿[4)]	2.1	1.6	0.05	~0.003	<100
双硫腙	1100	<7000	0.8	1.2	<2000
硫茶剂	120	<300	3.7	5.1	um
吡咯烷荒酸铵	1970	~5000	1.9	1.3	um
8-羟基喹啉[5)]	<40-370	<100-5700	<0.2-1250	<0.2-1.8	<50

样品	Sc	Cs	Ag	Cu	Hf
石英蒸馏水	0.002	<0.01-0.1	<0.02	nd	<0.005
二次蒸馏水	$<10^{-4}$	<0.01	<0.02	nd	<0.001
三次蒸馏水	$\sim 2\times10^{-4}$	<0.01	<0.02	nd	<0.001
硝酸[2)]	7×10^{-4}	<0.01	~0.24	1.3	<0.005
盐酸[2)]	0.002	<0.002	<0.1	82	<0.005
氢氧化钠[2)]	0.3	0.7	<0.2	nd	nd
氨溶液[2)]	$<3\times10^{-4}$	<0.002	<0.1	6.0	—
四氯化碳[3)]	~0.002	<0.1	<0.005	0.12	<0.005
氯仿[4)]	$\sim 3\times10^{-5}$	<0.02	<0.005	0.29	<0.005
双硫腙	0.15	10	<10	420	<0.1
硫茶剂	0.29	<10	<2	0.4	<100
吡咯烷荒酸铵	0.11	<1	<1	4	<10
8-羟基喹啉[5)]	<0.02-0.14	<0.1-0.4	0.6	290	um

1) 应当注意，每批产品的变化可能是很大的，尤其是有机试剂——如8-羟基喹啉，测量用仪器中子活化分析法.
2) 巴克尔（Baker）和厄丹森（Adamson）CP试剂.
3) 巴克尔（Baker）分析纯试剂，重新蒸馏.
4) 马林克罗特（Mallinckroadt）分析纯试剂．重新蒸馏.
5) 数字取自4个不同厂家的产品

nd=未测定 um=由于其他放射性核素的干扰无法测定.

摘自：Robertson, D.E. (1963) . *Analyt.Chim.Acta*.42, 533.

海底取样装置类型及其一般特点

类型	需要的提升能力（kg）	横截面积（cm²）	取样管内径（cm）	最大长度	干扰	用途和摘要	主要参考文献
咬合取样器	110—250	≤400	—	—	在中心部分，可以忽略	主要用于岩性和岩石学分析的表层样品，通常能保存分层	Van Veen(1936), Jonasson and Olausson (1966), Emery and Champion (1948), La Fond and Dietz(1948).
自由下落取样器	—	900	—	—	—	取样器配备定位的传感器	Kollwentz(1973).
重力取样管							
开筒式	200—2500	17.7—51.5	4.75—3.1	300	使沉积物样品缩短	较上层几米沉积物和表层沉积物	Hvorslev and Stetson (1946) Emery and Dietz(1941)
弗莱格式	70—100	4.9—11.3	2.5—3.8	36	有轻微变形	表层样品和小规模试验性的岩心	Phleger(1951)
聚乙烯	68—136	51.5—30.1	8.1—10.1	400	可以忽略	为测定工程或整体的物理性质用的未被扰动的表层样品	Richards and Keller (1961).
复式（3—5个筒）	250—300	4.9—11.3	2.5—3.8	48	可以忽略	表层样品，可试验很小样品代表比较大的区域的可靠性	Fowler and Kulm (1966).
自由下落取样管	82	12.6—33.2	4.0—6.5	122	可以忽略	短的岩心，由小船操作，为了回收，采用玻璃浮体，按流体动力法放出	Sachs and Raymond (1965), Moore(1961).

活塞取样管	200—2500	17.7—51.5	4.75—8.1	3400	与所用的活塞组有关	下部岩心的研究	Kullenberg (1947, 1955), Swedish Committee(1961), Zenkovitch(1955), Richards (1961).
大体积取样管							
斯芬科特式	320—1000	113	12	1200	可以忽略	巨大直径活塞取样管	Kermabon *et al*.(1966)
卡斯顿式	—	225	15×15	1500	可以忽略	未受扰动的下部岩心研究	Kogler (1963).
盒式	385	600 525005	20×30 (50×50)	60	可以忽略	在水-沉积物界面上大的长方形样品	Bowna and Marshall (1964), Hessler(1976).
大直径取样管	180	176.6	15	600	可以忽略	PUC取样管的扩大	Mc Manus(1965).
大活塞取样管	3200—4000	126.6	12.7	3000	可以忽略	深海长取样管	Hollister *et al*.(1973).
振动取样管	100	19.6—62.2	5.0—8.9	1000	—	扰动了未固结的地层，适用于半固结的地层	Kudinov (1957).
流体静力/气体	50—100	11.3	3.8	600	—	与沉积物类型有关，层次受到破坏，操作深度<90m	Mackereth (1958), Rosfelder (1966).
深海钻探	载重373t	9.6—19.6	3.5—5.0	—	—	大船上的钻探塔，不连续取岩心，硬岩层用钻探泥浆的旋转钻头	JOIDES (1965).

摘自：Riley, J.P. and Chester, R. (1978). *Chemical Oceanography*, Vol. 7, P. 94. 2nd Ed.

在痕量金属研究中所用材料的性质和适用性

	说　　明	建　　议
聚氯乙烯	常常严重地被痕量金属沾污；可能吸附其他金属元素	不用，但由于它可用来制造采样器等，需进一步研究
聚乙烯		
A.交联(常规)	可能是Sb、Co、Cr、Fe的来源；可能吸附Zn和其他一些痕量金属；每批性质很不相同	可以使用，但在每次使用前，需经过检验
B.线性	大概比交联的好	可以使用，但需作进一步研究
聚丙二醇酯	在pH>3.5时，可以除去Ba(和Sr？)及镧系元素和Ag	可以使用，但需作进一步研究
聚苯乙烯	除去Ag	鉴于它可用于任何装置，需作进一步研究
聚四氟乙烯	可能是最优良的通用塑料材料，但价格昂贵，质软及用作外壳时会有穿孔；吸附Ag	推荐使用
丙烯酸盐	杂质含量很低；吸附Zn和Ag	鉴于在采样器中使用，需作进一步研究
石英	组成可变；在碱性条件下易受侵蚀	推荐，需作进一步研究
硼硅玻璃	在海水pH值下，受化学浸蚀	在许多应用中是不安全的
石英玻璃	在海水pH值下，受化学浸蚀	不安全
软玻璃	痕量金属含量可变化	对痕量金属研究非常不安全

摘自：Bowen, V. T., Strohal, P., Saiki, M., Ancellin, J., Merten, D. and Ganguly, A. K.(1970). In *Reference Methods for Marine Radioactivity Studies*(Y. Nishiwaki and R. Fukai, eds) International atomic agency, Vienna.

人工海水的制备($S=35.00‰$)

Lyman and Fleming (1940)	(g)	Kalle (1945)	(g)
NaCl	23.939	NaCl	28.566
$MgCl_2$	5.079	$MgCl_2$	3.887
Na_2So_4	3.994	$MgSO_4$	1.787
$CaCl_2$	1.123	$CaSO_4$	1.308
KCl	0.667	K_2SO_4	0.832
$NaHCO_3$	0.196	$CaCO_3$	0.124
KBr	0.098	KBr	0.103
H_3BO_3	0.027	$SrSO_4$	0.0288
$SrCl_2$	0.024	H_3BO_3	0.0282
NaF	0.003		
加水至	1000g	加水至	1000g

Kester等 (1967)

A.用重量法测定的盐类 $g\ kg^{-1}$

NaCl	23.926
Na_2SO_4	4.008
KCl	0.667
$NaHCO_3$	0.196
KBr	0.098
H_3BO_3	0.026
NaF	0.003

B.用容量法测定的盐类(用Mohr法标定)

近似值(体积克分子浓度)		所用体积相当于
$MgCl_2 6H_2O$	1.0M	1.297gMgkg^{-1}
$CaCl_2 2H_2O$	1.0M	0.406gCakg^{-1}
$SrCl_2 6H_2O$	0.1M	0.0133gSrkg^{-1}

C.加水至1kg.

说明:1)必须考虑所用盐中的结晶水,

2)充气后pH应调到7.9至8.3之间。

摘自:Riley, J.P. and skirrow, G.(1975).*Chemical Oceanography*.Vol. 1.P.559.2nd Ed.

人工海水的密度与温度和氯度的关系[1]

Cl(‰)	0℃	5℃	10℃	15℃
0	0.999868	0.999992	0.999728	0.999129
3.42_6	1.004944	1.004959	1.004599	1.003921
6.05_5	1.008665	1.008705	1.008292	1.007566
8.17_4	1.011851	1.011731	1.011265	1.010502
11.69_5	1.016982	1.016758	1.016208	1.015368
13.67_3	1.019835	1.019564	1.018970	1.018102
16.33_3	1.023703	1.023352	1.022695	1.021772
19.05_6	1.027648	1.027227	1.026511	1.025538
21.53_7	1.031240	1.030774	1.029989	1.028941

Cl (‰)	20℃	25℃	30℃	35℃	40℃
0	0.998234	0.997075	0.995678	0.994063	0.992247
3.42_6	1.002962	1.001744	1.000295	0.998643	0.996783
6.05_5	1.006575	1.005336	1.003868	1.002190	1.000307
8.17_4	1.009472	1.008201	1.006707	1.005013	1.003113
11.69_5	1.014275	1.012949	1.011407	1.009669	1.007745
13.67_3	1.016986	1.015641	1.014087	1.012346	1.010406
16.33_3	1.020611	1.019229	1.017642	1.015866	1.013920
19.05_6	1.024335	1.022921	1.021311	1.019528	1.017564
21.53_7	1.027731	1.026307	1.024658	1.022890	1.020925

1）假定纯水密度在3.98℃时为1.000000g ml^{-1}，表中的密度与Kell（1967）的表值相当.

摘自：Millero, F.J. and Lepple, F.K.（1973）.*Mar.Chem.*1, 89.

人工海水的膨胀系数与温度和氯度的关系[1]

[$\alpha \times 10^{6}$ (deg.)$^{-1}$]

$Cl‰$	0℃	5℃	10℃	15℃	20℃	25℃	30℃	35℃	40℃
0.000	−68.1	16.0	87.9	150.7	206.6	257.0	303.1	345.7	385.4
3.426	−46.9	35.5	105.1	165.4	218.7	266.7	310.7	351.8	391.0
6.055	−28.0	49.4	115.2	172.7	224.1	271.0	314.8	356.4	396.7
8.174	−14.8	60.4	124.4	180.5	230.7	276.6	319.4	359.9	398.8
11.695	8.2	79.2	140.2	194.1	242.7	287.2	328.3	366.7	402.6
13.673	18.4	88.1	147.5	199.6	246.6	289.8	330.1	368.6	405.7
16.333	36.1	102.3	159.2	209.4	254.8	296.8	335.8	372.8	407.9
19.056	51.0	115.2	170.2	218.5	262.2	302.4	339.9	375.2	408.8
21.537	61.9	127.6	181.6	227.5	267.9	304.9	340.1	375.0	410.7

1) $\alpha = -1/d\ (\partial d/\partial t)$，式中$d$是海水的密度.

摘自：Millero, F.J.and Lepple, F.K. (1973). *Mar.Chem.1*, 89.

标准海水的组成

离子	Na^{+}	K^{+}	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Cl^{-}	SO_4^{2-}
分子量	22.99	39.10	24.31	40.08	35.453	96.06
Δ	41.39	1898	363.4	1885	35.49	686.2

表观浓度 $(F_i) = 10^{-3}$ kg离子/kg海水

$= Cl‰/\Delta = S‰/1.80655\Delta$

重量克分子浓度 $(m_i) = 10^{-3}$ kg离子/kg海水

$= 1000F_i / [1000 - (0.073 + 1.811Cl‰)]$

$= 1000F_i / [1000 - (0.073 + 1.0025S‰)]$

体积克分子浓度 $(C_i) = 10^{-3}$ kg离子/kg海水

$= F_i d_{sw}$，式中d_{sw}是海水的密度

重量克分子离子强度 $(I) = 35.9997Cl‰ / (1000 - 1.81578Cl‰)$

$= 19.9273S‰ / (1000 - 1.005109S‰)$

摘自：Riley, J. P. and Skirrow, G. (1975).*Chemical Oceanography*. Vol.1.p.139. 2nd Ed.

标准海水（S=35.00）的相对粘度

p ($kg\,cm^{-2}$)	η_p/η_1 −0.024℃	η_p/η_1 2.219℃	η_p/η_1 6.003℃	η_p/η_1 10.013℃	η_p/η_1 15.018℃	η_p/η_1 20.013℃	η_p/η_1 29.953℃
176	0.9828	0.9852	0.9891	0.9914	0.9949	0.9977	0.9997
352	0.9709	0.9742	0.9814	0.9876	0.9926	0.9972	0.9001
527	0.9620	0.9670	0.9766	0.9843	0.9900	0.9978	1.0031
703	0.9560	0.9626	0.9735	0.9821	0.9916	0.9998	1.0071
878	0.9533	0.9598	0.9733	0.9836	0.9932	1.0040	1.0131
1055	0.9526	0.9600	0.9750	0.9874	0.9964	1.0070	1.0179
1230	0.9533	0.9637	0.9767	0.9902	1.0014	1.0110	1.0244
1406	0.9559	0.9673	0.9821	0.9961	1.0073	1.0166	1.0313

η_p/η_1是压力p（$kg\ cm^{-2}$）时的粘度与1大气压时的粘度比值.

摘自：Stanley, E.M. and Batten, R.C. (1969), *J.Geophys.Res.*,74,3415.

海水分析的溶剂萃取法

化合物类型	溶剂体系	参考文献
脂肪酸	氯仿，在酸性pH值下	Williams(1965)，Treguer *et al*.(1972)；Stauffer and MacIntyre(1970)
脂肪酸	乙酸乙酯，在酸性pH值下	Slowey *et al*. (1962a)
脂肪酸	石油醚；在酸性pH值下	Jeffrey (1966)
脂肪酸和烃类	氯仿-甲苯或氯仿，在酸性pH值下	Quinn and Wade (1972)；Duce *et al*.(1972)
烃类	正己烷	Zsolnay (1971)；Parker *et al*. (1972)
DDT及有关化合物	正己烷	Cox (1971)，Seba and Corcoran (1969)
多氯联苯	正己烷-乙醚	Harvey *et al*. (1973)
维生素B_{12}	苯	Cowey (1956)

摘自：Riley, J. P. and Skirrow, G. (1975), *Chemical Oceanography*, Vol. 3, p. 467, 2nd Ed.

电化学法在海水分析中应用表

组分或特性	方法	说明	精密度	参考文献
碱度(总)[1]	电位滴定	在封闭体系中用盐酸滴定海水	±0.3%	Edmond (1970)
				Takahashi *et al*. (1970)
				Almgren *et al*. (1974)
Bi^{3+}	MCGE,[3] 线性扫描，ASV[2]	海水，1*M*HCl	±30%	Gilbert and Hume (1973)
	GCE,[4] 线性扫描，ASV[2]	海水，0.05*M*HCl	±7%	Florence (1974)
Ca^{2+}	电位滴定	用EGTA滴定，用钙选择电极指示	±0.5%	Whitfield *et al*. (1969)
			±1.2%	Dyrssen *et al*. (1968)
CO_2(分压)	电位法（直接）	用带有渗气膜的玻璃电极	±10%	Wheeler (1966)
				Greene (1968)
				Moore *et al*. (1962)
CO_2(总)	电位滴定	在封闭体系中用盐酸滴定海水	±0.3%	Edmond (1970)
				Takahashi *et al*.(1970)
			±0.1%	Almgren *et al*. (1974b)
碳酸盐饱和度	电位法（直接）	测定碳酸盐矿物沉淀或溶解时所产生的pH变化	定性	Weyl(1961)
				Ben-Yaakov and Kaplan (1971b)
Cd^{2+}	脉冲极谱	螯合树脂预浓集，在0.24*M*HCl—0.2*M*$CaCl_2$支持电解质中测定	±3%	Abdullah and Royle (1972)
	GCE[4]，线性扫描，ASV[2]	海水，0.02*M*HCl	—	Florence (1972)
	HMDE(Hg)[5]，交流调制，ASV[2]	海水，0.015*M*HNO_3	±3%（重复实验±21%）	Rojahn (1972)

续 表

组分或特性	方 法	说 明	精密度	参考文献
	HMDE(Pt)[6]，快速扫描，ASV[2]	用于死海咸水	±0.8%	Ariel and Eisner (1963)
	HMDE(Pt)[6]，慢扫描，示差ASV[2]	平行使用2个区配电极	±30%（重复实验）	Zirino and Healy (1972)
氯 度	用$AgNO_3$电位滴定	用Ag指示电极，Ag参比电极(在滴定管内)，死停点滴定	±0.008%	Hermann (1951)
	用$AgNO_3$电位滴定	Pt指示电极，Hg/Hg_2SO_4参比电极，死停点滴定	±0.006%	Bather and Riley (1954)
		用2支匹配Ag/Ag Cl电极，示差滴定	±0.01	Reeburgh and Carpenter (1964)
		Ag指示电极，格兰终点定位法(自动法)	±0.017%	Jagner and Arén (1970)
Co^{2+}	脉冲极谱	螯合树脂预浓集，含有丁二酮肟的NH_4Cl/NH_4OH支持电解质	±6%	Abdullah and Royle (1972)
		紫外线照射，MnO_2共沉淀预浓集，含丁二酮肟的NH_4Cl/NH_4OH支持电解质	±3%	Harvey and Dutton (1973)
Cu^{2+}	脉冲极谱	螯合树脂预浓集，0.24MHCl—0.2$M$$CaCl_2$支持电解质	±6%	Abdullahand Royle (1972)
	交流极谱	用CO_2将海水去氧，使pH=5	—	Odier and Plichon (1971)
	HMDE(Hg)[5]交流调制ASV[2]	海水，0.015$M$$HNO_3$	±2%（重复测定±8%）	Rojahn (1973)

续 表

组分或特性	方　　法	说　　明	精密度	参 考 文 献
	GCE[4]，线性扫描，ASV[2]	海水，0.02MHCl	—	Florence (1972)
	HMDE(Pt)，快扫描 ASV[2]	死海咸水，转移到0.5MNH_4Cl，0.5MNH_3溶出	±15%	Ariel *et al.* (1964)
F^-	电位法（直接）	向海水加柠檬酸盐缓冲液，用	±1%	Warner (1971a)
		HCl调节海水pH=6.6	±0.88%	Anfält and Jagner (1971c)
	标准加入电位法	向海水加柠檬酸盐缓冲液	±1.7%	Warner (1971a)
			±2%(河口水)	Warner (1971b)
		用HCl调节海水pH=5.6	±0.59%	Anfält and Jagner (1971c)
	交流极谱	用锆-茜素s络合物与F^-反应，测定游离的茜素	±0.6%	Berge and Brügman (1972)
IO_3^-	脉冲极谱	用强酸调节海水pH=3	—	Petek and Branica (1969b)
		加EDTA络合锌，在pH=8测定	±2.5%	Liss *et al.* (1973)
	安培滴定	转化成游离碘，返滴定过量硫代硫酸盐	±4%	Barkley and Thompson(1960)
	极化电极电位滴定	转化成游离碘，返滴定过量硫代硫酸盐	±1.3%	Truesdale and Spencer(1974)
I^-	脉冲极谱	紫外线照射前后测定海水样品的碘酸根	±1.4微克/升	Herring and Liss (1974)
K^+	标准加入电位法	全自动操作，格兰终点定位法	±0.3%	Anfält and Jagner (1973)
Mg^{2+}	电位滴定	用Ca^{2+}指示电极，DCTA滴	±0.5%	Whitfield *et al.* (1969)
		定Ca^{2+}、Mg^{2+}，分别滴定	±1—2%	
		Ca^{2+}加以扣除		Dyrssen *et al.* (1968)
		用pH指示电极，以NaOH滴定海水与40%乙醇混合物，全自动操作	±0.008%	Jagner (1967, 1971)

续表

组分或特性	方法	说明	精密度	参考文献
NH_3	标准加入电位法	调节海水pH=11，不蒸馏最低可测30μg l^{-1}	±2—5%	Gilbert and Clay (1973)
Ni^{2+}	脉冲极谱	螯合树脂预浓集，0.5M NH_4Cl—0.5M NH_3支持电解质	±3%	Abdullah and Royle (1972)
O_2	DMEg极谱	分析时间小于1min	±0.1%	Grasshoff (1963)
	膜电池极谱	现场探头	±2.5%	Grasshoff (1969)
			±3%	Van Landingham and Greene (1971)
Pb^{2+}	脉冲极谱	螯合树脂预浓集，0.24M HCl/0.2M $CaCl_2$支持电解质	±6%	Abdullah and Royle (1972)
	HMDE(Pt)[6]慢扫描，示差ASV[2]	平行使用2支匹配电极	±30%（重复测定）	Ziyino and Healy(1972)
	HMDE(Hg)[5]，交流调制ABV[2]	海水，0.015M HNO_3	±3%（重复测定±7%）	Rojahn (1972)
	GCE[4]，线性扫描	海水，0.02M HCl	—	Liebermann and Zirino(1973)
pH	电位法	用NBS缓冲液标定电极	±0.003pH	Pytkowicz *et al*. (1966) Takahashi *et al*. (1970)
		按海水pH标度[6]校准电极	±0.003pH	Almgren *et al*. (1974)
		现场探头	±0.02pH	Ben-Yaakov and Kaplan (1963, 1971a) Conti *et al*. (1971) Distèche (1959, 1964) Whitfield (1971b)

续 表

组分或特性	方 法	说 明	精密度	参 考 文 献
Sb^{3+}	MCGE[3]，线性扫描ASV[2]	海水，4MHCl溶液，测Sb+Bi，再扣除分别测定的Bi	±20%	Gilber and Hume (1973)
SO_4^{2-}	电位滴定	用铅离子选择电极跟踪$Pb(NO_3)_2$与SO_4^{2-}的反应，卤素一开始就分离	±4%	Mascini (1973)
	安培滴定	用Ba^{2+}滴定SO_4^{2-}，铬酸盐作指示剂	±0.6%	Murakami and Hayakawa (1968)
UO_2^{2+}	脉冲极谱	用二-(2-乙基乙酯)-磷酸、萃取预浓集UO_2^{2+}，高氯酸-酒石酸支持电解质	±1.5%	Milner *et al*. (1961)
Zn^{2+}	脉冲极谱	海水用HCl调至pH=3	—	Branica (1970) Petek and Branica (1969b)
		整合树脂预浓集，0.5M NH_4Cl/0.5M NH_3支持电解质	±3%	Abdullah and Royle (1972)
	HMDE(Hg)[5]，交流调制ASV[2]	加入1M醋酸盐缓冲液，pH=4.6	±2%	Rojahn (1972)
	GBC[4]，线性扫描，ASV[2]	1/10稀释海水，支持电解质为0.004MHCl，0.02M醋酸钠(pH5.7)	—	Florence (1972)
	HMDE (Pt)[6]，快扫描ASV[2]	死海咸水	±2.5%	Ariel and Eisner (1963)
	慢DME[7]，快扫描ASV[7]	原样海水	±4.5%	Macchi (1964) Bernhard *et al*. (1972)

续 表

组分或特性	方 法	说 明	精密度	参 考 文 献
	HMDE(Pt)[6]，慢扫描示差ASV[2]	平行使用2支匹配电极	±3% （重复测定±50%）	Zirino and Healy (1971)
	管示MCGE[3]，ASV[2]	流通式系统，连续测定	±9.5%	Liebermann and Zirino(1973)

1）若已知pH和总硼酸浓度，也可以计算碳酸盐碱度.

2）阴极溶出伏安法.

3）镀汞石墨电极.

4）玻璃电极.

5）从充汞毛细管中引出的悬汞电极.

6）铂丝上的悬汞电极.

7）滴汞内极.

8）Hansson (1973a)

摘自：Riley, J.P. and Skirrow, G. (1975). *Chemical Oceanography*, Vol. 4, p.134, 2nd Ed.

海水中颗粒碳和氮的分析

元素	燃烧方法	检测方法	范围	灵敏度或精密度	参考文献
总有机碳	在100℃，用重铬酸盐湿法氧化	滴定法	100—2000μgC	60μgC	Strickland and Parsons (1968)
碳	在马弗炉中于800℃干法燃烧	收集一定体积的气体，用红外分析器测量CO_2的浓度	5—500μgC	10μgC	Menzel and Vaccaro (1964)
				2μgC(S.D.)	Banoub and Williams (1972)
碳	在马弗炉中于700℃干法燃烧	把CO_2收集于碱溶液中，测量电导率的变化	50—700μgC	25μgC(S.D.)	Dal Pont and Newell (1963)
碳	在玻璃安瓿中，于500℃干法燃烧	打开安瓿，使CO_2流经红外線分析器，通过脉冲积分法测量CO_2含量	10—200μgC	2μgC(S.D.)	Holm-Hansen *et al.* (1967)
碳	在马弗炉中，于750—800℃干法燃烧	用红外分析器测量燃烧时所产生的CO_2脉冲	未给	7.4μgC(S.D.)	Wangersky and Gordon (1965)
氮	杜马斯(Dumas)干法燃烧	N_2的自动测量(29型Coleman氮分析器)	50—1000μgN	10μgN(S.D.)	Strickland and Parsons (1968)
氮	凯尔达尔(Kjeldahl)燃烧法	用水合茚满三酮法测定氮的含量	0.5—50μgN	0.24μgN(S.D.)	Holm-Hansen (1968)
氮	凯尔达尔(Kjeldahl)燃烧法	用水合茚满三酮法测定氮的含量	未给	未给	Dal Pont and Newell (1963)
氮	凯尔达尔(Kjeldahl)燃烧法	用靛酚兰法测定氮的含量	0—100μgN	1μgN(S.D.)	Banoub (1972)

S.D.=标准偏差.

摘自：Riley, J.P. and Skirrow, G.(1975), *Chemical Oceanography*, Vol.3, p.458, 2nd Ed.

海水中各类特殊有机化合物的分析

化合物	方法	灵敏度 ($\mu g l^{-1}$)	结果的典型范围	参考文献
总烃类	茂醌和n-乙基咔唑		$<700\mu g l^{-1}$	Lewis and Rakestraw(1955)
总烃类	苯酚磺酸		$200-600\mu g l^{-1}$	Handa (1966a, b)
总烃类	蒽醌		$200-800\mu g l^{-1}$	Walsh and Douglas(1966)
半乳糖和葡萄糖	蒸发；用乙醇萃取，离子交换脱盐，纸上色层法		$1.3-16\mu g l^{-1}$	Degens *et al.* (1964)
葡萄糖	吸收生物鉴定法	10	$<10-150\mu g l^{-1}$	Vaccaro and Jannasch (1966)；Vaccaro *et al.* (1968)
葡萄糖	直接酶试验法	3	$<3-200\mu g l^{-1}$	Hicks and Carey (1968) Vaccaro *et al.* (1968)
葡萄糖	吸附在木炭上，洗脱，用葡萄糖酶催化法测定	0.5	$0.5-5.7\mu g l^{-1}$	Andrews and Williams (1971)
氨基酸类	与$Fe(OH)_3$共沉淀，溶解在HCl中，用离子交换法脱盐，用纸上色谱或液相色谱法分离	—	—	Tatsumoto *et al.* (1961) Park *et al.* (1962)
氨基酸类	用乙醚萃取2，4二硝基苯衍生物，用薄层色谱法逐一分离	—	—	Palmork (1963a)
氨基酸类	把海水蒸发为卤水，在阳离子交换树脂上脱盐，用纸上、薄层或液相色谱法分离并测定	<1 (单个的)	$0.5-10\mu g l^{-1}$ (单个的)	Palmork (1963b)，Chau and Riley (1966)，Riley and Segar (1970)，Bohling (1970, 1972)
氨基酸类	把海水蒸发至干，用乙醇提取，在阳离子交换树脂上脱盐，用纸上、薄层或气-液色谱法分离并测定	<1 (单个的)	$0.5-10\mu g l^{-1}$ (单个的)	Degens *et al.* (1964) Pocklington (1971)

续 表

化合物	方 法	灵敏度 ($\mu g l^{-1}$)	结果的典型范围	参考文献
氨基酸类	用充填铜的Chelex-100树脂提取，用液相和薄层色谱法逐一分离和分析	<1 (单个的)	0.5—10$\mu g l^{-1}$ (单个的)	Siegel and Degens (1966) Webb and Wood (1966) Andrews and Williams (1971), Clark *et al.* (1972)
脂肪酸类	用氯仿、氯仿-甲醇、乙酸乙酯或二硫化碳从酸性海水中萃取，甲基化，用GLC分析	约0.1 (单个的脂肪酸)	0—10$\mu g l^{-1}$ (单个脂肪酸)	Williams (1961) Williams (1965), Slowey *et al.* (1962a), Jeffrey (1966), Stauffer and MacIntyre (1970), Duce *et al.* (1972), Quinn and Wade (1972)
脂肪酸类	与$Fe(OH_3)$共沉淀，酸化，用$CHCl_3$萃取，甲基化，用GLC分析	未给	未给	Garrett (1967)
脂肪酸类	用氯仿萃取，形成铜皂，用原子吸收分光光度法分析皂中铜的含量	约1 (总脂肪酸)	10—50$\mu g l^{-1}$	Treguer *et al.* (1972)
甲醇及其他低级烃类	用氦气吹出，收集在矾土或木炭上，用GLC分析	约0.01	1—100$\mu g l^{-1}$ (单个烃类)	Linnenbom and Swinnerton (1971)
二甲基硫化物	用氮吹出，用石蜡油收集，通过加热置换出，用GLC分析	未给	12$\mu g l^{-1}$	Lovelock *et al.* (1972)
氟里昂；甲基碘化物和四氯化碳	上部空间分析，GLC	未给	CCl_3F 60$pg l^{-1}$ CH_3I 750$pg l^{-1}$ CCl_4 400$pg l^{-1}$	Lovelock *et al.* (1973)
丙酮，丁醛	上部空间分析，GLC	未给	0—50$\mu g l^{-1}$	Corwin (1970)
烃类(主要是n	用氯仿或乙烷萃取，在硅凝胶或硅	未给	1—50$\mu g l^{-1}$	Duce *et al.* (1972) Parker

链烷）	酸柱上提纯，用GLC分析		（总）	*et al.* (1972) Zsolgay(1971)
				Barbier *et al.* (1973)
DDT类	用己烷萃取，用GLC分析	未给	约1ngl^{-1}	Seba and Corcoran (1969)
				Cox (1971)
PCB类	用己烷或乙醚或XAD萃取，在硅酸柱上提纯，用GLC分析	未给	0.05—4.2μgl^{-1}	Duce *et al.* (1972)
			1—50ngl^{-1}	Harvey *et al.* (1973)
			0.4—4.3ngl^{-1}	Harvey *et al.* (1973)
尿　素	与乙酰肟和缩氨基脲反应，测量红色的衍生物	0.1μg-atN.l^{-1}	0.5—3μg-atAol^{-1}	Newell *et al.* (1967)
				De Manche *et al.* (1973)
				Rensen (1971)
尿　素	测定在尿素酶作用下，尿素的水解产物NH_3	0.06μg-atN·l^{-1}	0.1—0.3μg-atN·l^{-1}	McCarthy (1970)
尿　素	与酚和次氯酸反应	0.2μg-atN·l^{-1}		Emmett (1969)
				Menzel and Spaeth (1962)
维生素B_{12}	矮小环藻（Cyclotella nana）生物鉴定法	<0.1ngl^{-1}	0.1—5ngl^{-1}	Carlucci and Silbernagel (1966c)
				Carlucci (1970)
维生素B	陆兹尔单鞭金藻（*Monochrysis lutheri*）生物鉴定法	2ngl^{-1}	8ngl^{-1}	Natarajan (1971)
				Carlucci (1970)
（硫胺素）	浅白阮球酵母（*Cryptococcus albidus*）生物鉴定法	10ngl^{-1}	<10—100ngl^{-1}	Ohwada and Taga (1972)
维生素H	前沟藻（*Amphidinium Carteri*）生物鉴定法	0.2ngl^{-1}	2ngl^{-1}	Carlucci (1970)
	无色杆菌属（*Achromobacter*）生物鉴定法		2.5—5ngl^{-1}	Ohwada (1972)
				Ohwada and Taga (1972)
乙醇酸	用矾土提取，用硫酸洗脱，比色测定	未给	20—40μgl^{-1}	Shah and Wright (1974)

摘自：Riley, J.P. and Skirrow, G. (1975). *Chemical Oceanography*, Vol. 3. p. 472. 2nd Ed.

用中子活化分析法测得的75种元素的无干扰检测限量[1]

检测限量	元素
$1-3\times10^{-7}$	Dy
$4-9\times10^{-7}$	Eu
$1-3\times10^{-6}$	
$4-9\times10^{-6}$	Mn, In, Lu
$1-3\times10^{-5}$	Co, Rh, Ir
$4-9\times10^{-5}$	Br, Sm, Ho, Re, Au
$1-3\times10^{-4}$	Ar, V, Cu, Ga, As, Pd, Ag, I, Pr, W
$4-9\times10^{-4}$	Na, Ge, Sr, Nb, Sb, Cs, La, Er, Yb, U
$1-3\times10^{-3}$	Al, Cl, K, Sc, Se, Kr, Y, Ru, Gd, Tm, Hg
$4-9\times10^{-3}$	Si, Ni, Rb, Cd, Te, Ba, Tb, Hf, Ta, Os, Pt, Th
$1-3\times10^{-2}$	P, Ti, Zn, Mo, Sn, Xe, Ce, Nd
$4-9\times10^{-2}$	Mg, Ca, Tl, Bi
$1-3\times10^{-1}$	F, Cr, Zr
$4-9\times10^{-1}$	Ne
1–3	S, Pb
4–9	Fe

1) 辐射时间1小时，热中子通量为10^{13} $\mathrm{ncm^{-2}s^{-1}}$。

摘自：Guinn, V. P. and Lukens, Jr., H. R.(1967). In Trace *Analysis-physical Methods*. (G. H. Morrison, ed.) Interscience Publishers, New York.

海水中银的分析法和测定值

研究者	年代	预浓缩法	分析法	测定值(μg/l)
Fukai	1971	共沉法	吸光光度法	
Lai	1962	共晶沉淀	同位素稀释法	0.145±0.06
Riley	1969	共晶沉淀	吸光光度法	0.1
Davankov	1962	吸附法(阴离子交换树脂)		1.2—1.5
Kawabuchi	1973	吸附法（离子交换树脂）	放射分析法	0.C24—0.040
Chao	1969	吸附法（离子交换树脂）	原子吸收法	0.1—1
Carr	1969	渗析	原子吸收法	
Preston	1972	溶剂萃取	原子吸收法	
Ryabinin	1979	溶剂萃取	石墨炉原子吸收法	
Armannsson	1979	溶剂萃取（双硫腙）	原子吸收法	0.08
室住	1981	溶剂萃取（双硫腙）	同位素稀释法	0.0025±0.0005
Schutz	1965		放射分析法	
石桥	1966			0.1

海水中铀的分析法和测定值

研究者	年代	预浓缩法	分析法	测定值(μg/i)
Hernegger	1935		荧光法	0.36—2.3
Föyn	1939	共沉淀法〔$Fe(OH)_3$〕	荧光法	2
Wilson	1960	共沉淀法($AlPO_4$)	同位素稀释法	3.31±0.06
		溶剂萃取法(8-羟基喹啉)	极谱仪法	3.4±0.17
			荧光法	3.3±0.23
Weiss	1961	共沉淀法(1-亚硝基-2-萘酚)	荧光法	3.18±0.06
Hashimoto	1971	共沉淀法($AlPO_4$)	放射能测定法	3.40±0.12
Fujinaga	1973	共沉淀法(8-羟基喹啉-0-苯基苯酚)	放射化分析	3.44±3.66
藤波	1979	共沉淀法〔$Fe(OH)_3$，磷酸锌〕	荧光法	3.74
Sueeton	1953	溶剂萃取(磷酸丁酯-煤油)	荧光法	3.0±0.5
Stewent	1954	溶剂萃取(磷酸丁酯-CCl_4)	放射能测定法	2.49
Rona	1956	溶剂萃取	同位素稀释法	3.1—3.5
石桥	1961	溶剂萃取((HNO_3-乙醚)	极谱仪法	1.5—1.7
松下	1960	溶剂萃取〔$Al(NO_3)_3$-醋酸乙酯〕	荧光法	1.4—2.5
Lin	1973	溶剂萃取	荧光法	9.37—13.3
Gohda	1975	溶剂萃取(8-羟基喹啉-氯仿)	荧光法	3.16±0.04

	1977	溶剂萃取(羟基喹啉)	吸光光度法(ArⅢ)	—3
Barbano	1978	溶剂萃取(4级铵-HNO_3)	吸光光度法(ArⅢ)	3.3
Babu	1981	溶剂萃取（PAN—二氯乙烷)	吸光光度法(PAN)	3.6
Sulcek	1967	吸附法(DowexA—1)	吸光光度法(ArⅢ)	5
Berdnikov	1967	吸附法(活性炭)	吸光光度法（ArⅢ)	2.75
Miyake	1972	吸附法（DowexA—1)	吸光光度法（ArⅢ)	3.31±0.44
Korkisoh	1974	吸附法（Dowex1)	荧光法	2.49
Korkisch	1975	吸附法(Dowex1—x8)	荧光法	2.35
Sloot	1975	吸附法(活性炭)	放射化分析法	2.64±0.08
大西	1977	吸附法（DowexA—1)	吸光光度法（ArⅢ)	3.15
Lee	1977	吸附法(Chelex—100)	放射化分析法	1.86±0.1
Novikov	1977	吸附法(AN—2f)		2.7—3.1
Pakalus	1980	吸附法(Chelex—100)	吸光光度法（PAR)	3.4—3.5
Mykyunk	1980	吸附法(Chelex—100)	同位素稀释法	3.0±0.3
中西	1951	蒸发法	荧光法	3.37
宫井	1978	共沉($AlPO_4$)吸附(G—400)直接法	荧光法	2.6—2.8
伊豆津	1978		示差脉冲溶出伏安法	

PAN：潘酚，1—（2—吡啶基偶氮）—2-萘酚

PAR：铂酚，4—（2—吡啶基偶氮）间苯二酚

海水中金的分析法和测定值

研究者	年代	预浓缩法	分析法	测定值(μg/l)
Sonstadt	1872	还原法($SnCl_2$)		5—6
Munster	1892	还原法($SnCl_2$)	重量法	30—65
Liversidge	1895	还原法($SnCl_2$)	重量法	<1
Gurevich	1933	还原法(丹宁$SnCl_2$)	重量法	1
Sharma	1972	还原法(Ca^{2+})	发射光谱法	0.004
Haben	1927	沉淀法$(NH_4)_2S$+醋酸铅		0.068±0.003
Weiss	1963	沉淀法(2-巯基苯并咪唑)	同位素稀释法	
武者	1975	沉淀法(蛋白质)	原子吸收法	
石桥	1939	蒸发法	比色法，重量法	0.001
铃木	1951	蒸发法	比色法	12—13
Yasuda	1927	吸附法（汞齐）	重量法	3—20
Glazunov	1929	吸附法（二硫化铁）	重量法	4
Stark	1943	吸附法（活性炭等）	重量法	0.02—0.4
Brooks	1960	吸附法（离子交换树脂）	比色法	0.009
Alexandrov	1976	吸附法（无机离子交换体	放射分析法	6±3
Lombardi	1964	溶剂萃取法	吸光光度法	
冏	1964	溶剂萃取法	放射化分析法	0.006—0.429
Shutz	1965	溶剂萃取法	放射化分析法	
Lo	1977	溶剂萃取法	放射化分析法	0.072±0
日下	1979	溶剂萃取法	放射化分析法	
馆野	1977	电极沉积	放射化分析法	0.023±0.001
Hummei	1957		放射化分析法	0.015—0.4
Ryabinin	1974			0.004—3.4
Krendelev	1977			$(0.51\sim8)\times10^{-3}$

海水中钼的分析法和测定值

研究者	年代	预浓缩法	分析法	测定值(μg/l)
Ernst	1936	共沉淀法〔$Fe(OH)_3$〕	吸光光度法	0.5—1
石桥	1953	共沉淀法〔$Fe(OH)_3$〕	吸光光度法	10.6
石桥	1958	共沉淀法〔$Fe(OH)_3$〕	吸光光度法（硫氰化物—氯化锡）	13
Chan	1936	共沉淀法（MnO_2）	吸光光度法（3，4—二硫基甲苯）	10.3
Kim	1969	共沉淀法〔$Fe(OH)_3$〕	吸光光度法（硫氰）	—
Kim	1970	共沉淀法〔$Th(OH)_4$〕	吸光光度法（硫氰）	12.0
Prabhu	1980	共沉淀法（CdS）	伏安法	
Weiss	1961	共晶沉淀法（α-苯偶因）	吸光光度法	12.2±0.1
太田	1979	共晶沉淀法(8-羟基喹啉盐—酚酞)	吸光光度法	9.7—10.6
Kulathilake	1980	共晶沉淀法(β-萘甲酰基-β-萘基甲醇-肟	放射化分析法	—
Kim	1971	浮选法〔$Fe(OH)_3$-十二基硫酸钠〕	吸光光度法（硫氰）	—
Riley	1968	吸附法(Chelex-100)	吸光光度法（3、4—二巯基甲苯）	8.40±0.07

续 表

研究者	年代	预浓缩法	分析法	测定值 (μg/l)
Kawabuchi	1969	吸附法(Dowexl-x8)	吸光光度法（3、4—二巯基甲苯）	9.5±0.1
Muzzarelli	1973	吸附法（聚甲壳糖）	石墨炉—原子吸收法	10.5—11.0
Sloot	1977	吸附法（APDC-活性炭）	放射化分析	11
Monicn	1980	吸附法（活性炭）	荧光X射线	
Yoshimura	1982	吸附法（葡聚糖凝胶）	原子吸收法	7.8—10.4
Berrang	1972	溶剂萃取（3,4-二巯基甲苯）	吸光光度法	
Hanson	1977	溶剂萃取（硫氰盐）	EPR（电子顺磁共振分光）	11
赤间	1979	溶剂萃取（BMPP）	原子吸收法	7—11
Mcleod	1981	溶剂萃取（DDTC）	等离子体原子发射光谱	
宫井	1982	溶剂取萃（8-羟基喹啉）	石墨炉—原子吸收法	10
Nakahara	1979	直接法	伏安法	

APDC：焦赖氨酸二硫代氨基甲酸铵

BMPP：4—苯甲酰—3—甲基—1—苯基—5—吡唑啉酮

DDTC：二乙基二硫代氨基甲酸钠

海水中钒的分析法和测定值

研究者	年代	预浓缩法	分析法	测定值(μg/l)
Ernst	1933	共沉淀法〔Fe(OH)₃〕	吸光光度法	0.3—0.6
太田	1975	共沉淀法〔Fe(OH)₃〕	吸光光度法	0.8—1.3
Weiss	1977	共沉淀法〔Fe(OH)₃〕	放射化分析法	2.00±0.09
清水	1981	共沉淀法〔Fe(OH)₃·Ti—OH〕	石墨炉-原子吸收法	1.30±2.31
Hagadorn	1976	浮选法〔Fe(OH)₃十二烷硫酸盐〕	原子吸收法	
Riley	1968	吸附法（Chelex—100）	吸光光度法	3.12—0.04
Kiriyama	1972	吸附法（Dowex 1-8X）	吸光光度法	1.67±0.08
Muzzarelli	1974	吸附法（聚甲壳糖）	石墨炉-原子吸收法	0.52—0.71
Buono	1975	吸附法（聚乙烯8-羟基喹啉）	放射化分析法	
Weiss	1977	吸附法（Dowex1-8X）	原子吸收法	1.86±0.12
Sloot	1977	吸附法（APDC—活性炭）	放射化分析法	1.91±0.03
Yoshimura	1981	吸附法（葡萄糖凝胶）	吸光光度法	2.2
清水	1981	吸附法（Dowex1-X4）	石墨炉-原子吸收法	1.30—2.31
Morris	1968	溶剂萃取法（APDC）	荧光X射线分析	0.86±0.14
Nishimura	1973	溶剂萃取法（吡淀偶氮基-间苯二酚）	吸光光度法	
Kusaka	1977	溶剂萃取法（APDC）	放射化分析	
Sugimae McLeod	1980 1981	溶剂萃取法（DDTC）	等离子体原子发射光谱法	
宫井	1982	溶剂萃取法（8-羟基喹啉）	石墨炉-原子吸收法	1.6
Smith	1971	直接法	安伏法	

海水中锂的分析法和测定值

研究者	年代	预浓缩法	分析法	测定值(mg/l)
Dieulafait	1879	蒸发法	吸光光度法	
Thomas	1933	蒸发法	吸光光度法	0.1
Bardet	1937	蒸发法	吸光光度法	0.17
石桥	1939	蒸发法沉淀法	重量法	0.2
Biley	1964	吸附法(离子交换树脂)	发射光谱法	0.183±0.003
上杉	1966	吸附法(离子交换色谱法)	吸光光度法	0.14±0.18
Bruno	1967	沉淀法	滴定值(EDTA)	0.17
重松	1969	溶剂萃取	原子吸收法	0.170
Maraband	1860			0.43
Kirchhoff	1860		吸光光度法	
Borovik-Romannova	1954		发射光谱法	0.1

续 表

研究者	年代	预浓缩法	分析法	测定值(mg/l)
Zyszczynska Florian	1950		纸色谱	0.15—0.1
Kappanna	1960			0.16
Chow	1962		同位素稀释法	0.17
Billings	1965		原子吸收法	0.194±0.011
Fabricand	1966		原子吸收法	0.169±0.003
Burrell	1967		原子吸收法	0.17
Morozov	1969		发射光谱法	0.18
Soldan	1977		原子吸收法	0.174±0.01
藤井	1978		原子吸收法	0.163
Putintsev	1980		发射光谱法	
Fujinaga	1980		发射光谱法	0.167—0.181

海水中硼的分析法和测定值

研究者	年代	预浓缩法	分析法	测定值(mg/l)
Liebich	1970	蒸馏法	荧光法	5
Parker	1960	吸附法（离子交换树脂）	荧光法	
Ryabinin	1975	吸附法ZrOH	荧光法	4.5
内海	1967	溶剂萃取	吸光光度法	3.35—4.35
矶崎	1975	溶剂萃取	吸光光度法	4.5—4.6
Nicholson	1971	溶剂萃取	吸光光度法	4.2—4.9
Kuwada	1978	溶剂萃取	吸光光度法	3.35—4.35
Horta	1978	溶剂萃取	原子吸收法	4.5±0.23
Moberg	1933	直接法	滴定法	4.5
Rakestraw	1935		滴定法	4.75
Igelsrud	1938		滴定法	0.125—0.485
Miyake	1939		滴定法	4.35
Gast	1958		滴定法	4.4—4.8
Reynolds	1961		发射光谱法	4.85
Cripenberg	1960		滴定法	8.8—17.7
Gassaway	1967		吸光光度法	5.49±0.17
Lotrian	1969		发射光谱法	45—
Hulthe	1970		吸光光度法	0.1—6
Marcantonatos	1973		磷光法	4.35—0.15
Pelletier	1978		滴定法	0.35—4.45
上杉	1980		吸光光度法	4.15—4.76

海水中锶的分析法和测定值

研究者	年代	预浓缩法	分析法	测定值(mg/l)
Desgrez	1926	蒸发法	比色法	13.5
Piper	1969	蒸发法（冷冻干燥）	放射化分析法	7.8+2
Miyake	1939	沉淀法（草酸）		14.4
太黍	1960	沉淀法（草酸）	发射光谱法	
上杉	1964	沉淀法（草酸）吸附法	吸光光度法	7—8
Afanaseva	1964	沉淀法（$CaCO_3$）	放射线分析	
Rao	1965	沉淀法（草酸钙）	放射化分析	
Boenig	1966	沉淀法（草酸）	纸色谱	
males	1951	共沉淀法（$BaSO_4$）	发射光谱，放射化分析	9—11
Aleksandruk	1968	吸附法（离子交换树脂）	同位素稀释法	8.14—0.03
Greenkalgh	1966	吸附法（离子交换树脂）	放射光谱法	
Hummel	1956		发射能分析	8.1
Chow	1955		发射光谱法	8.1
Bowen	1956			8.5
Osmolovskaya	1964		发射光谱法	<3
Burrell	1967	（稀释）	原子吸收法	8.0
Nagaya	1971		原子吸收法	8.08±0.2
Fabricand	1966		原子吸收法	7.90±0.16
田中	1968	（稀释）	原子吸收法	
Bernat	1977		同位素稀释法	7.6±0.1
Gordon	1970		放射化分析法	7.73±0.41

除铀系和钍系外的其他放射性核素的测定

放射性核素	分离方法	测定方法	参考文献
氚	蒸馏、电解富集	GM气体计数法	Kaufman and Libby (1954)
	$H_2O \xrightarrow{Zn} H_2$	正比气体计数法	Brown and Grummitt (1956)
		正比气体计数法	Munnich and Roether (1967)
	蒸馏、电解富集	GM气体计数法	Östlund and Werner (1962)
	$H_2O \xrightarrow{Mg} H_2$ 蒸馏　电解富集		Östlund (1962)
	$H_2O \xrightarrow{Mg} H_2$；$2H_2 + C_2H_2 \xrightarrow{Pd} C_2H_6$	正比气体计数法	Bainbridge *et al.* (1961)
	评论文章		Cameron (1967)
铍-7	用$Fe(OH)_3$浸渍过的黄麻纤维海绵，用拖曳法收集。将铁溶解，用化学法分离出Be	β计数法	Lal *et al.* (1964)
	海水通过滤床，^7Be吸附在Al_2O_3上	NaI(Tl)γ能谱法	Perkins *et al.* (1966)
碳-14[1]	用N_2从酸性样品中气提出CO_2，收集于KOH中；酸化；用CaO吸收CO_2。解吸	正比气体计数法	Broecker *et al.* (1959, 1960)
	用N_2从酸性样品中气提出CO_2，转化为$SrCO_3$，$SrCO_3 \longrightarrow SrC_2 \longrightarrow C_2H_2$	正比气体计数法	Bien *et al.* (1965)
	用N_2从酸性样品中气提CO_2，收集于KOH中，所释放的CO_2 $LiC \longrightarrow {}_2 \xrightarrow{H_2O} C_2H_2 \xrightarrow{V} C_6H_6$	液体闪烁计数法	Mathews *et al.* (1973)

续表

放射性核素	分离方法	测定方法	参考文献
硅-32	用 $Fe(OH)_3$ 浸渍过的黄麻纤维海绵，用拖曳法收集 SiO_2，把 Fe/SiO_2 溶解后，用化学法分离出硅。分离出 ^{32}P 子体	β 计数法	Lal *et al.* (1964)
磷-32	钼兰络合物的溶剂萃取，用磷酸三丁酯萃取除去钼酸盐，水相蒸发至干	β 计数法	Chakravarti *et al.* (1964)
钪-46	海水通过滤床，使 ^{46}Sc 吸附在 Al_2O_3 滤器上	NaI(Tl)γ能谱法	Perkins *et al.* (1966) Robertson *et al.* (1968)
铬-51	加入Cr载体（或其他），用氨溶液沉淀并过滤。用 HNO_3 和 H_2O 洗涤沉淀后干燥	NaI(Tl)γ能谱法	Chakravarti *et al.* (1964)
	加入Cr载体（或其他），还原为Cr（Ⅲ），用氨溶液沉淀	NaI(Tl)γ能谱法	Cutshall *et al.* (1966)
	泵取海水，通过滤床，使 ^{51}Cr 吸附在 Al_2O_3 上	NaI(Tl)γ能谱法	Perkins *et al.* (1966)
锰-54	Mn在 $Fe(OH)_3$ 上共沉淀，用甲基异丁酮萃取以后除去Fe。用离子交换法分离Zn，以高锰酸盐形式与氯化四苯胂络合后，萃取到氯仿中	NaI(Tl)γ能谱法	Shah and Rao (1972)
	(i) 在 $Fe(OH)_3$ 上共沉淀 (ii) 用Mn载体，氧化为 MnO_2 (iii) 用 H_2S 沉淀	NaI(Tl)γ能谱法	Slowey *et al.* (1965)
铁-55和铁-59	pH10.0—10.2时，在 $Fe(OH)_3$ 和 $Mg(OH)_2$ 上共沉淀，用硫脲分离出Fe，用六次甲基四胺和	气流正比计数法和NaI(Tl)γ能谱法	Kautsky and Schmitt (1962)

续 表

放射性核素	分 离 方 法	测 定 方 法	参 考 文 献
钴-60	Na_2CO_3的沉淀作用提纯，用硫脲再沉淀吸附在颗粒MnO_2上	NaI(Tl)γ能谱法	Yamagata and Iwashima(1963)
	加入Co载体，用氨溶液调节pH至11，样品用H_2S饱和，过滤	NaI(Tl)γ能谱法	Chakravarti *et al.* (1964)
	用泵取海水使之通过滤床，然后^{60}Co吸附在Al_2O_3上	NaI(Tl)γ能谱法	Perkins *et al.* (1966)
	在海水中加入Co载体和盐酸羟胺，Co^{II}在$Fe(OH)_3$上共沉淀。用阴离子交换法分离出钴的氯阴离子	β计数法	Bhat *et al.* (1972)
	评论文章		Preston and Dutton (1970)
镍-63	Ni与丁二酮肟络合，萃取到氯仿中，再用稀H_2SO_4溶液反萃取到水相	液体闪烁计数法	Lai and Goya (1964)
锌-65	(i) 加入Zn载体，用氨溶液沉淀、过滤 (ii) 加入Zn载体，用氨溶液调节pH至11样品用H_2S饱和，过滤	NaI(Tl)γ能谱法	Chakravarti *et al.* (1964)
	用泵使海水通过滤床，^{65}Zn吸附在Al_2O_3上	NaI(Tl)γ能谱法	Perkins *et al.* (1966)
	加入Zn载体与$Fe(OH)_3$共沉淀，用甲基异丁酮萃取后除去Fe，用离子交换法分离出Zn	NaI(Tl)γ能谱法	Shah and Rao (1972)

放射性核素	分 离 方 法	测 定 方 法	参 考 文 献
锶-89	Sr和Ca沉淀为草酸盐，通过硝酸盐沉淀作用分离Sr和Ca（校准^{90}Sr）	β计数法	Cigna (1963)
锶-90	碱土金属沉淀作用：		
	(a) 用Na_2CO_3沉淀为碳酸盐		Sugihara *et al*. (1959)
	$Na_2CO_3+NH_4Cl$		Higano and Shiozaka (1960)
	$(NH_4)_2CO_3$		Azhazha (1964)
			Sutton and Kelly (1968)
	(b) 草酸盐		Miyake *et al*. (1960)
			Rocco and Broecker (1963)
	从钙中提纯锶，用：		
	(a) 发烟硝酸		Rocco and Broecker (1963)
			Sugihara *et al*. (1959)
			Higano and Shiozaka (1960)
			Azhazha (1964)
	(b) 离子交换		Noshkin and Mott (1967)
	用氢氧化铁和铬酸盐净化剂进行最后的提纯		All
	抽取^{90}Y子体，用：		
	(a) 氢氧化铁		Sugihara *et al*. (1959)
			Higano and Shiozaka (1960)
			Azhazha (1964)
	(b) 氢氧化钇		Rocco and Broecker (1963)
	估计锶的回收率，用：		
	(a) 重量法		Miyake *et al*. (1960)
	(b) 容量法		Noshkin and Mott (1967)
	(c) ^{85}Sr计数法		Rocco and Broecker (1963)

续 表

放射性核素	分 离 方 法	测 定 方 法	参 考 文 献
	放射性的测量	^{90}Y子体的β计数法	All
	评论文章		Bowen (1970)
锆-95	与Fe和La的氢氧化物共沉淀，用离子交换法提纯。加入锆载体，与草酸平衡，与磷酸盐共沉淀。用LaF_3清除稀土元素。用硫代乙酰胺除去Ru。Zr沉淀为氢氧化物，再灼烧为氧化物	β计数法 NaI(Tl)γ能谱法	Miyake and Sugiura (1955) Hampson (1963)
(与铌-95)	吸附在颗粒MnO_2上	NaI(Tl)γ能谱法	Yamagata and Iwashima(1963)
(与铌-95)	在现场测量	NaI(Tl)γ能谱法	Chesselet *et al*. (1964)
(与铌-95)	(i) 与$Fe(OH)_3$共沉淀 (ii) 与硫化物混合载体共沉淀	NaI(Tl)γ能谱法	Chakravarti *et al*. (1964)
	用泵使海水通过滤床，^{95}Zr吸附在Al_2O_3上	NaI(Tl)γ能谱法	Perkins *et al*. (1966)
	吸附在用H_2O_2处理$KMnO_4$在样品中产生的MnO_2上	NaI(Tl)γ能谱法	Gueguenaiat (1967)
	评论文章		Chesselet (1970)
	评论文章		Dutton (In press)
铌-95	与Fe和La的氢氧化物共沉淀，用草酸离子交换法分离	β计数法	Miyake and Sugiura (1955)
	与磷酸锆和铌酸共沉淀。用LaF_3除去稀土元素，用硫代乙酰胺除去Ru。以Cupferron络合物的形式萃取Nb，Nb沉淀为铌酸并灼烧之	NaI(Tl)γ能谱法	Hampson (1963)

续 表

放射性核素	分 离 方 法	测 定 方 法	参 考 文 献
钌-106[4]	与Fe和La的氢氧化物共沉淀，用溶剂萃取法除去Fe，用阳离子交换法分离出Ru	β计数法[5]	Miyake and Sugiura (1955)
	吸附在粒状MnO_2上	NaI(Tl)γ能谱法	Yamagata and Iwashima (1963)
	(i) 与$Fe(OH)_3$共沉淀 (ii) 加入载体，沉淀为硫化物	NaI(Tl)γ能谱法	Chakravarti *et al.* (1964)
	与$Fe(OH)_3$共沉淀，用异丙醚萃取，以除去Fe。Ru用蒸馏法提纯，以RuO_4的形式用溶剂萃取。反萃取Ru，再转化为较低价的氧化物以备计数。用分光光度法测定整份反萃取物的化学回收率	β计数法	Yamagata and Iwahima (1965)
	加入载体，并达到平衡，以RuO_4的形式被萃取，以分离出Ru。反萃取并把Ru转化为较低级氧化物。化学回收率（计数之后）用分光光度法测定	β计数法	World Health Organization (1966)
	用泵使海水通过滤床，^{106}Ru吸附在Al_2O_3上，吸附在样品中，由$KMnO_4$和H_2O_2反应生成的MnO_2上	NaI(Tl)γ能谱法	Perkins *et al.* (1966)
		NaI(Tl)γ能谱法	Gueguenlat (1967)
	评论文章		Chesselet (1970)
	评论文章		Shiozaki *et al.* (In press)

续 表

放射性核素	分离方法	测定方法	参考文献
银-110m[6]	用泵使海水通过滤床，^{110m}Ag吸附在Al_2O_3上	NaI (Tl) γ能谱法	Robertson *et al*. (1968)
锑-124	^{124}Sb及其载体与$Fe(OH)_3$共沉淀	NaI (Tl) γ能谱法	Cutshall *et al*. (1966)
锑-125	将海水过滤，在pH9.0—9.5时，与Sb和$Fe(OH)_3$共沉淀。把沉淀溶解，用二异丙醚萃取后，把水相蒸发至干	NaI (Tl) γ能谱法	Slowey *et al*. (1965)
碘-131	加入碘载体，样品用$NH_2OH\cdot HCl$处理，在AgCl柱上除去I（和Br）、氯化物溶解于氨溶液中。残渣用KCN溶液溶解，用$H_2SO_4/K_2Cr_2O_7$使Br挥发，碘沉淀为AgI，用KCN溶液提纯后，再沉淀为AgI	β计数法	Bhat *et al*. (1972)
铯-137	首先除去样品的沾污，用： (a) 氢氧化铁清除法		Yamagata and Yamagata (1960)
	(b) 硫化物和碳酸盐沉淀法		Sodd *et al*. (1960)
	浓集，用： (a) $K_3CO(NO_2)_6$共沉淀		Sugihara *et al*. (1959) Folsom *et al*. (1960) Schmitt and Kautsky (1961) Malavicini and Vido (1961) Schroeder and Cherry (1962)
	(b) 与钾—二苦酰胺络合物共结晶		Yamagata and Yamagata (1960)
	(c) 在磷钨酸铊盐上的离子交换法		Caron and Sugihara (1962)
	(d) 与磷钨酸盐形成沉淀		Sodd *et al*. (1960)
	(e) 与亚铁氰化镍共沉淀		Mohanrao and Folsom (1963) Folsom and Saruhashi (1963)

续 表

放射性核素	分离方法	测定方法	参考文献
	(f) 吸附在磷钼酸铵上		Miyake *et al*. (1961) Folsom and Saruhashi(1963)
	(g) 吸附在铁氰化钾上		Boni (1966) (7) Shirasawa and Schuert(1968)
	(h) 吸附在铜或锆的亚铁氰化物上		Folsom and Sreekumaran (1970)
	进行浓集，用：		
	(a) 直接对$K_3Co(NO_2)_6$的共沉淀物	NaI (Tl) γ能谱法	Folsom *et al*.(1960) Malavicini and Vido (1961)
	(b) $AsCsPtCl_6$	β计数法	Yamagata and Yamagata (1960)
	(c) $AsCs_3Bi_2I_9$	β计数法或NaI(Tl)γ能谱法	Scnmitt and Kautsky(1961)
	(d) $AsCsClO_4$	β计数法	Sugihara *et al*.(1959)
	(e) 硅钨酸砷酸	β计数法或NaI(Tl)γ能谱法	Sodd *et al*. (1960) Schroeder and Cherry(1962)
	(f) 直接对亚铁氰化镍的共沉淀物	NaI(Tl)γ能谱法	Mohanrao and Folsom (1963) Folsom and Saruhashi (1963)
	(g) 直接对磷钼酸铵的共沉淀物	NaI(Tl)γ能谱法	Miyake *et al*. (1961) Folsom and Saruhashi (1963)
	评论文章		Folsom and Sreekumaran (1970)
钡—140	和其他碱土金属一起与环己烯二醇四酮钾盐共结晶	NaI(Tl)γ能谱法	Weiss and Lai (1960)
	海水通过滤床，^{140}Ba吸附在Al_2O_3上	NaI(Tl)γ能谱法	Perkins *et al*. (1966)
放射性镧系元素 铈-144和钷-147	与碳酸盐共沉淀，溶解后与$Fe(OH)_3$共沉淀 用沉淀法和离子交换法与U、Th(及其子体)和Fe分离		Sugiharaha *et al*. (1959)

续 表

放射性核素	分离方法	测量方法	参考文献
	Ce以$CeIO_4$的形式分离出来	β计数法	
	用离子交换法使^{147}Pm和Sm及Nb载体分离	β计数法	
铈-144	Ce与Fe和Ti的氢氧化物共沉淀，用2-(2-乙基已基)硫酸氢盐的庚烷溶液进行溶剂萃取提纯	β计数法	Hampson (1964)
	加入载体，在pH为2时沉淀为氢氧化物，用草酸盐沉淀法提纯，氧化为Ce(Ⅳ)，再用甲基异丁酮萃取，反萃取出Ce，再沉淀为草酸盐	β计数法	Shiozaki *et al*. (1964)
	将海水过滤，在pH为9.0—9.5时，Ce与$Fe(OH)_3$共沉淀，把沉淀再次溶解，用二异丙醚萃取后，水相蒸发至干	NaI(Tl) γ能谱法	Slowey *et al*. (1965)
	海水通过滤 床，^{144}Ce吸附在Al_2O_3上，	NaI(Tl) γ能谱法	Perkins *et al*.(1966)
	^{144}Ce(及载体)沉淀为亚铁氰化物，溶解在HCl中，通过沉淀为氢氧化物提纯Ce，然后再沉淀为草酸盐	NaI(Tl) γ能谱法	Ivanova (1967)
	评论文章		Høgdahl (1970)
铅-210	用氢氧化铁(Ⅲ)和氢氧化镧为沉淀剂，用离子交换法分离出^{201}Bi子体	β计数法	Rama *et al*., (1961)
	^{210}Pb同其蜕变产物共浓集，电镀法分离出^{210}Po，浓集物放置3个月，使^{210}Pb及其子体^{210}Po建立平衡，把后者电沉积析出	α计数法	Tsanogai and Nozaki (1973)
钋-210	pH为2时，萃取吡咯烷荒酸的络合物	α计数法	Shannon *et al*., (1970)
	以铋作载体浓集钋，加入碳酸钠和碳酸铵使铋与钋共沉淀，沉淀溶解后，将钋电沉积析出	α计数法	Tsanogai *et al*.,(1973)
氡-222	用氮气流从海水中把它气提出来	α闪烁计数器或α能谱法	All

续 表

放射性核素	分离方法	测定方法	参考文献
镭-226	用共沉淀法富集、提纯	α能谱法	Sugimura *et al*., (1963) Nomura (1971)
	使镭与它的气态子体^{222}Rn建立平衡	α计数法	Szabo (1967a, 1971)
镭-228	用硫酸钡共沉淀法浓集	β计数法	Moore (1969)
钚(^{239}Pu(与^{240}Pu)和^{238}Pu)	Pu还原为Pu^{III}，再与$BiPO_4$共沉淀，通过与LaF_3共沉淀与Bi分离，用阴离子交换法提纯，电沉积，使用^{236}Pu作示踪物	α能谱法	Pillai *et al*. (1964)
	用氢氧化物共沉淀法分离，用阴离子交换法提纯，电沉积	α能谱法	Miyake and Sugimura (1968)
	用$NaHSO_3$把Pu还原为Pu^{III}，与$Fe(OH)_3$共沉淀在硝酸盐和氯化物柱上用阴离子交换法提纯，再电沉积	α能谱法	Wong (1971)
	使用^{236}Pu作载体，与$Fe(OH)_3$共沉淀，沉淀溶解于8M HNO_3中，用三辛胺溶剂萃取法与Fe、U和Th分离用8M HCl和0.2M HF从溶剂中气提出Pu，电沉积后进行计数	α能谱法	Sakanoue *et al*. (1971)

1）有关海水中碳-14测定的较早期文献，已由Vries（1959）作过评论.
2）有关海水中Sr-90测定的较早期文献，已由Riley（1965b）作过评论.
3）为了叙述方便，把Sr-90的提纯循环分开.
4）化学分离是指放射性物的分离，放射性的测定包括^{106}Rh子体（半衰期为30秒）的β或γ发射体的检测.
5）用吸附剂使^{103}Rh和^{106}Rh分离.
6）Dutton介绍了海洋环境中放射性银的测定方法的评论文章.
7）这种方法的改进方法，已经应用于海水中^{137}Cs和^{134}Cs的NaI（Tl）γ能谱法测定.

摘自：Riley, J. P. and Skirrow, G. (1975)，*Chemical Oceanography*, Vol. 3, p. 444—453, 2nd Ed.

典型海水的光吸收

样品	λ (Å)							
	3600	4000	5000	5200	6000	7000	7500	8000
纯水	0.001	0.001	0.002	0.002	0.010	0.025	0.115	0.086
人工海水	0.011	0.003	0.005	0.007	0.010	0.025	0.115	0.086
未过滤的大洋水	0.012	0.009	0.007	0.008	0.011	0.025	0.115	0.086
未过滤的大陆坡水	0.052	0.030	0.011	0.010	0.012	0.035	0.130	0.088
过滤的大陆坡水	0.016	0.010	0.005	0.005	0.012	0.030	0.115	0.086
未过滤的近岸水	0.055	0.042	0.028	0.026	0.035	0.052	0.140	0.100
过滤的近岸水	0.015	0.010	0.005	0.005	0.010	0.025	0.110	0.086

1) 在10cm光路中的消光值。

摘自：Clarke, G.L.and James, H.R.(1939). *J.Opt. Soc. Amer*. 29, 43.

海水和纯水消光值的差值[1]

样品	λ (Å)							
	3600	4000	5000	5200	6000	7000	7500	8000
人工海水	0.010	0.002	0.003	0.005	0	0	0	0
未过滤的大洋水	0.011	0.008	0.005	0.006	0.001	0	0	0
未过滤的大陆坡水	0.051	0.029	0.009	0.008	0.002	0.010	0.015	0.002
过滤的大陆坡水	0.015	0.009	0.003	0.003	0.002	0.005	0	0
未过滤的近岸水	0.054	0.041	0.026	0.024	0.025	0.027	0.025	0.015
过滤的近岸水	0.014	0.009	0.003	0.003	0	0	0	0

1) $E_{海水(10cm)} - E_{纯水(10cm)}$

摘自：Clarke, G.L.and James, H.R. (1939).*J.Opt. Soc. Amer*. 29, 43.

附　　录

国际海洋学常用表

总　序　言

由联合国教科文组织（UNESCO）、国际海洋考察理事会（ICES）、海洋研究科学委员会（SCOR）和国际海洋物理科学协会（IAPSO）共同组织的海洋学常用表及标准联合专家小组在1966年编制了第一份关于海水盐度和电导率海洋学常用表（UNESCO，1966）。这份表格是在测定各大洋的天然海水样品的电导率和氯度的基础上定义盐度的。

最近，联合专家小组经过认真讨论，确定了1978年新的实用盐标。它是以测量蒸馏水重量稀释或蒸发得到的标准海水溶液的电导率为基础的，选择精确地给定的氯化钾溶液作为可复现的电导率标准。联合专家小组采用新的实用盐度的全部建议以及它所根据的所有资料在联合国教科文组织海洋科技文献第36期和第37期（UNESCO，1981a，b）上作了详细地介绍。

本表是根据1980年9月1日至5日在加拿大锡德尼会议上，由UNESCO/ICES/SCOR/IAPSO的海洋学常用表和标准联合专家小组正式提出和采用的。实用盐度的计算方法和定义已得到IAPSO（1979年12月）、ICES（1979年10月）、SCOR（1980年9月）和联合国教科文组织国际海委会（IOC）（1981年6月）的批准。这些表格适用于实用盐度$S=2—42$和温度$t=-2—35$℃。

既然1978年的实用盐标被推荐，并于1982年1月1日开始使用，那么海洋学常用表第三卷（本表）将代替1966年初版和1971年再版的国际海洋学常用表。

虽然实用盐标选择氯化钾溶液作为可复现的电导率标准，但是仍然极力主张海洋学家们继续使用国际标准海水作为参考海水，而不要试图配制氯化钾标准溶液本身。从1982年1月1日起，标准海水服务处所制备的所有批号的标准海水都已用氯化钾溶液标定。

实用盐标及实用盐度的计算方法适用于一切海水，但是这些方程式用于化学成分不同于标准海水的海水时应特别谨慎。由于电导率比随溶液的温度和化学成分的变化而发生变化，因此在宽广的温度范围内，用实验室盐度计测定盐度时，可能测出的数据不同。

一九七八年实用盐度

定义：海水样品的实用盐度（符号为S）是根据电导率比值K_{15}来确定的，而K_{15}是海水样品在温度为15℃、压力为一个标准大气压下的电导率与质量比为32.4356×10^{-3}的KCl溶液在相同的温度和压力下电导率的比值。根据定义，当K_{15}值正好等于1时，实用盐度恰好等于35。实用盐度根据比值K_{15}由下述方程式来确定：

$$S=0.0080-0.1692K_{15}^{1/2}+25.3851K_{15}$$
$$+14.0941K_{15}^{3/2}-7.0261K_{15}^{2}+2.7081K_{15}^{5/2}$$

该公式由UNESCO/ICES/SCOR/IAPSO的海洋学常用表和标准联合专家小组制定。1980年9月1日至5日在加拿大锡德尼正式提出和采用，已经得到IAPSO（1979年12月）、ICES（1979年10月）、SCOR（1980年9月）和UNESCO的IOC（1981年6月）的批准。该方程的实用盐度S从2到42范围内是适用的。

表Ⅰ和表Ⅱ的介绍

实用盐度根据在15℃、1个大气压下的海水和准确浓度为32.4356gKCl/Kg的氯化钾溶液（在真室中）的电导率比值K_{15}

来确定。当比值K_{15}和R_{15}的数值相同时，实用盐度正好为35，R_{15}为海水和标准海水在15℃和1个标准大气压下的电导率的比值。

根据实用盐度的定义计算出表Ⅰ：

$$S=0.0080-0.1692K_{15}^{1/2}+25.3851K_{15}$$
$$+14.0941K_{15}^{3/2}-7.0261K_{15}^{2}+2.7081K_{15}^{5/2}$$

此K_{15}值可用R_{15}代替，这个方程是从标准海水的S和R_{15}的154个测量值为依据的，而标准海水是用蒸馏水稀释法或蒸发法得到的。

根据盐度计在恒温15℃下测出的电导率比值可以直接从表Ⅰa中得到盐度，也可以用此表根据盐度计在－2到＋35℃范围内任意温度所测的比值R来计算"未修正的盐度"，然后由下列方程计算出修正盐度，对由表Ⅰa的未修正盐度进行附加修正可得到实用盐度。

$$\Delta S=\frac{t-15}{1+0.0162(t-15)}\ (0.0005-0.0056R_t^{1/2}$$
$$-0.0066R_t-0.0375R_t^{3/2}+0.0636R_t^{2}-0.0144R_t^{5/2})$$

表Ⅱa给出$10^3\Delta S$，它是根据上面的公式计算出来的，而该公式是在－2至35℃温度范围内实用盐度为2至42的标准海水溶液的S和R的458个测量数据为依据的，而标准海水溶液是用蒸馏水稀释和蒸发浓缩得到的。表Ⅰa和表Ⅱa给的值在实用盐度0.001内四舍五入。内插表Ⅰb在表Ⅰa后，与Ⅰa同用；内插表Ⅱb在表Ⅱa后，与表Ⅱa同用。

从表Ⅰ和表Ⅱ确定实用盐度

1. 由15℃时测量的电导率比值R_{15}计算得到实用盐度时，用表Ⅰa和内插表Ⅰb直接得到盐度。

2. 根据在15℃以外的其他温度测量出的Rt计算实用盐度S

时，测量时海水和标准海水的温度差必须控制在±0.1℃之内。两种水的温度必须相同。

可用在温度为t℃时测得的电导率比Rt，根据表Ⅰa来确定未修正盐度$S_{未修正}$。

使用测得的电导率比R和t，由表Ⅱa确定修正量ΔS。

未修正盐度加上修正量ΔS，得到实用盐度S。

$$S=S_{未修正}+\Delta S$$

表Ⅰa

1．根据15℃时的电导率比R_{15}查实用盐度S。

2．根据在不同于15℃时任意温度下的电导率比查海水的未修正盐度$S_{未修正}$。

例1．在15℃时测得电导率比为0.95427。

从表Ⅰa得　$R_{15}=0.95420 \rightarrow S=33.214$

$$R_{15}=0.95430 \rightarrow \frac{S=33.217}{\delta S=3\times10^{-3}}$$

从内插表Ⅰb($\delta S=3\times10^{-3}$)

因为：$\delta R\times10^{-5}=7 \rightarrow \Delta S=2\times10^{-3}$

所以：$R_{15}=0.95427$时实用盐度为

$S=33.214+2\times10^{-3}=33.216$

例2．在温度为4.0时，测得电导率比值为0.95427，确定未修正盐度$S_{未修正}$。

从表Ⅰa和内插表Ⅰb（见例1）得到$Rt=0.95427 \rightarrow S_{未修正}=33.216$

表Ⅱa

将修正量ΔS加到表Ⅰa给出的未修正的盐度$S_{未修正}$上得到实用盐度S。

例1．在温度为4℃时，测得电导率比值为0.95427。

从表Ⅰa和内插表Ⅰb确定未修正盐度$S_{未修正}$

$Rt=0.95427 \rightarrow S_{未修正}=33.216$

根据表Ⅱa，当$t=4.0$℃时，确定修正量ΔS。

$$Rt=0.950\to\Delta S\times10^3=+16$$

$$Rt=0.960\to\frac{\Delta S\times10^3=+13}{\delta S\times10^3=-3}$$

$$\delta R=0.95427-0.950=+4\times10^{-3}$$

从内插表Ⅱb查得：

$$\left.\begin{array}{l}\delta R\times10^3=4\\ \delta S\times10^3=3\end{array}\right\}\Delta' S\times10^3=1$$

修正值　$\Delta S\times10^3=+16-1=+15$

实用盐度　$S=S_{未修正}+\Delta S$

$$=33.216+15\times10^{-3}=33.231$$

例2．当温度为4.6℃时，测得电导率比为0.95427。

从表Ⅰa和内插表Ⅰb中确定未修正盐度$S_{未修正}$为：

$Rt=0.95427\to S_{未修正}=33.216$。确定修正量$\Delta S$，就$R$而言，用和例1相同的办法：

$$t=4.0\to\Delta S\times10^3=+15$$

$$t=5.0\to\frac{\Delta S\times10^3=+14}{\delta S\times10^3=-1}$$

$$\delta t=4.6-4.0=6\times10^{-1}$$

从内插表Ⅱb查得：

$$\left.\begin{array}{l}\delta t\times10=6\\ \delta t\times10^3=1\end{array}\right\}\Delta' S\times10^3=1$$

修正量　$\Delta S\times10^3=+15-1=+14$

实用盐度　$S=S_{未修正}+\Delta S$

$$=33.216+14\times10^{-3}=33.230$$

注：在类似2的情况下，可不在两个方向进行内插，因为在大多数情况下仅仅在两个方向中的一个才具有明显的差别。

表 Ⅰa

.0700

$R_t \longrightarrow S$ 未修正的 （或 $R_{15} \longrightarrow S$）

R_t ↓		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.05	0										
	1										
	2										
	3										
	4										
	5										
	6										
	7										
	8			方程式范围以外							
	9										
.06	0										
	1										
	2										
	3										
	4										
	5										
	6										
	7										
	8										
	9										
.07	0	1，970	973	976	979	982	985	988	991	994	997
	1	2，000	003	006	009	012	015	018	021	024	027
	2	030	033	036	039	042	045	048	051	054	057

	3	060	063	066	069	072	075	078	081	084	087
	4	090	093	096	099	102	105	108	111	114	117
	5	120	123	126	129	132	135	138	141	144	147
	6	150	153	156	159	162	165	168	171	174	177
	7	180	183	186	189	192	195	198	201	204	207
	8	210	213	216	219	222	225	228	231	234	237
	9	240	243	246	249	252	255	258	261	264	267
.08	0	2. 270	273	276	279	282	285	288	291	294	297
	1	300	303	306	309	312	315	318	321	324	327
	2	330	333	336	339	342	345	348	351	354	357
	3	360	363	366	369	372	375	378	381	384	387
	4	390	393	396	399	402	406	409	412	415	418
	5	421	424	427	430	433	436	439	442	445	448
	6	451	454	457	460	463	466	469	472	475	478
	7	481	484	487	490	493	496	499	502	505	508
	8	511	514	517	521	524	527	530	533	636	539
	9	542	545	548	551	554	557	560	563	566	569
.09	0	2. 572	575	578	581	584	587	590	593	596	599
	1	602	606	609	612	615	618	621	624	627	630
	2	633	636	639	642	645	648	651	654	657	660
	3	663	666	669	672	675	679	682	685	688	691
	4	694	697	700	703	706	709	712	715	718	721
	5	724	727	730	733	736	739	743	746	749	752
	6	755	758	761	764	767	770	773	776	779	782
	7	785	788	791	794	797	801	804	807	810	813
	8	816	819	822	825	828	831	834	837	840	843
	9	846	849	853	856	859	862	865	868	871	874

表 Ⅰa

.1000

$R_t \longrightarrow S$未修正的　　(或$R_{15} \longrightarrow S$)

R_t		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.10	0	2.877	880	883	886	889	892	895	898	901	905
	1	908	911	914	917	920	923	926	929	932	935
	2	938	941	944	947	951	954	957	960	963	966
	3	969	972	975	978	981	984	987	990	993	997
	4	3.000	003	006	009	012	015	018	021	024	027
	5	030	033	037	040	043	046	049	052	055	058
	6	061	064	067	070	073	076	080	083	086	089
	7	092	095	098	101	104	107	110	113	116	120
	8	123	126	129	132	135	138	141	144	147	150
	9	153	157	160	163	166	169	172	175	178	181
.11	0	3.184	187	190	194	197	200	203	206	209	212
	1	215	218	221	224	227	231	234	237	240	243
	2	246	249	252	255	258	261	265	268	271	274
	3	277	280	283	286	289	292	295	299	302	305
	4	308	311	314	317	320	323	326	329	333	336
	5	339	342	345	348	351	354	357	360	364	367
	6	370	373	376	379	382	385	388	391	395	398
	7	401	404	407	410	413	416	419	422	426	420
	8	432	435	438	441	444	447	450	453	457	460
	9	463	466	469	472	475	478	481	484	488	491
.12	0	3.494	497	500	503	506	509	512	516	519	522
	1	525	528	531	534	537	540	544	547	550	553
	2	556	559	562	565	568	572	575	578	581	584

	3	587	590	593	596	600	603	606	609	612	615
	4	618	621	624	628	631	634	637	640	643	646
	5	649	652	656	659	662	665	668	671	674	677
	6	681	684	687	690	693	696	699	702	705	709
	7	712	715	718	721	724	727	730	734	737	740
	8	743	746	749	752	755	759	762	765	768	771
	9	774	777	780	784	787	790	793	796	799	802
.13	0	3. 805	809	812	815	818	821	824	827	830	834
	1	837	840	843	846	849	852	855	859	862	865
	2	868	871	874	877	881	884	887	890	893	896
	3	899	902	906	909	912	915	918	921	924	928
	4	931	934	937	940	943	946	949	953	956	959
	5	962	965	968	971	975	978	981	984	987	990
	6	993	997	000	003	006	009	012	015	018	022
	7	4. 025	028	031	034	037	040	044	047	050	053
	8	056	059	062	066	069	072	075	078	081	084
	9	088	091	094	097	100	103	106	110	113	116
.14	0	4. 119	122	126	128	132	135	138	141	144	147
	1	151	154	157	160	163	166	169	173	176	179
	2	182	185	188	191	195	198	201	204	207	210
	3	214	217	220	223	226	229	232	236	239	242
	4	245	248	251	254	258	261	264	267	270	273
	5	277	280	283	286	289	292	295	299	302	305
	6	308	311	314	318	321	324	327	330	333	337
	7	340	343	346	349	352	355	359	362	365	368
	8	371	374	378	381	384	387	390	393	397	400
	9	403	406	409	412	416	419	422	425	428	431

表 Ia

$R_t \longrightarrow S_{未修正的}$ （或$R_{15} \longrightarrow S$）

R_t ↓		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.15	0	4. 435	438	441	444	447	450	454	457	460	463
	1	466	469	473	476	479	482	485	488	492	495
	2	498	501	504	507	511	514	517	520	523	526
	3	530	533	536	539	542	545	549	552	555	558
	4	561	564	568	571	574	577	580	583	587	590
	5	593	596	599	602	606	609	612	615	618	622
	6	625	628	631	634	637	641	644	647	650	653
	7	656	660	663	666	669	672	676	679	682	685
	8	688	691	695	698	701	704	707	710	714	717
	9	720	723	726	730	733	736	739	742	745	749
.16	0	4. 752	755	758	761	765	768	771	774	777	780
	1	784	787	790	793	796	800	803	806	809	812
	2	815	819	822	825	828	831	835	838	841	844
	3	847	851	854	857	860	863	866	870	873	876
	4	879	882	886	889	892	895	898	902	905	908
	5	911	914	917	921	924	927	930	933	937	940
	6	943	946	949	953	956	959	962	965	969	972
	7	975	978	981	985	988	991	994	997	000	004
	8	5. 007	010	013	016	020	023	026	029	032	036
	9	039	042	045	048	052	055	058	061	064	068
.17	0	5. 071	074	077	080	084	087	090	093	096	100
	1	103	106	109	112	116	119	122	125	128	132
	2	135	138	141	144	148	151	154	157	160	164

	3	167	170	173	176	180	183	186	189	192	196
	4	199	202	205	208	212	215	218	221	225	228
	5	231	234	237	241	244	247	250	253	257	260
	6	263	266	269	273	276	279	282	285	289	292
	7	295	298	302	305	308	311	314	318	321	324
	8	327	330	334	337	340	343	346	350	353	356
	9	359	363	366	369	372	375	379	382	385	388
18	0	5. 391	395	398	401	404	408	411	414	417	420
	1	424	427	430	433	436	440	443	446	449	453
	2	456	459	462	465	469	472	475	478	482	485
	3	488	491	494	498	501	504	507	510	514	517
	4	520	523	527	530	533	636	539	543	546	549
	5	552	556	559	582	565	588	572	575	578	581
	6	585	588	591	594	597	601	604	607	610	614
	7	617	620	623	627	630	633	636	639	643	646
	8	649	652	656	659	662	665	668	672	675	678
	9	681	685	688	691	694	698	701	704	707	710
.19	0	5. 714	717	720	723	727	730	733	736	739	743
	1	746	749	752	756	759	762	765	769	772	775
	2	778	782	785	788	791	794	798	801	804	807
	3	811	814	817	820	824	827	830	833	836	840
	4	843	846	849	853	856	859	862	866	869	872
	5	875	879	882	885	888	892	895	898	901	904
	6	908	011	914	917	921	924	927	930	934	937
	7	940	943	947	950	953	956	960	963	966	969
	8	973	976	979	982	985	989	992	995	998	002
	9	6. 005	008	011	015	018	021	024	028	031	034

表 Ia .2000

$R_t \longrightarrow S_{未修正的}$ (或 $R_{15} \longrightarrow S$)

R_t		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.20	0	6, 037	041	044	047	050	054	057	060	063	067
	1	070	073	076	080	083	086	089	093	096	099
	2	102	106	109	112	115	119	122	125	128	132
	3	135	138	141	145	148	151	154	158	161	164
	4	167	171	174	177	180	184	187	190	193	197
	5	200	203	206	210	213	216	219	223	226	229
	6	232	236	239	242	245	249	252	255	258	262
	7	265	268	271	275	278	281	284	288	291	294
	8	297	301	304	307	310	314	317	320	323	327
	9	330	333	336	340	343	346	350	353	356	359
.21	0	6, 363	366	369	372	376	379	382	385	389	392
	1	395	398	402	405	408	411	415	418	421	424
	2	428	431	434	438	441	444	447	451	454	457
	3	460	464	467	470	473	477	480	483	486	490
	4	493	496	500	503	506	509	513	516	519	522
	5	526	529	532	535	539	542	545	549	552	555
	6	558	562	565	568	571	575	578	581	584	588
	7	591	594	598	601	604	607	611	614	617	620
	8	624	627	630	634	637	640	643	647	650	ʻ53
	9	656	660	663	666	669	673	676	679	683	686
.22	0	6, 689	692	696	699	702	705	709	712	715	719
	1	722	725	728	732	735	738	742	745	748	751
	2	755	758	761	764	768	771	774	778	781	784

	3	787	791	794	797	800	804	807	810	814	817
	4	820	823	827	830	833	837	840	843	846	850
	5	853	856	860	863	866	869	873	876	879	882
	6	886	889	892	896	899	902	905	909	912	915
	7	919	922	925	928	932	935	938	942	945	948
	8	951	955	958	961	965	968	971	974	978	981
	9	984	988	991	994	997	001	004	007	011	014
.23	0	7. 017	020	024	027	030	034	037	040	043	047
	1	050	053	057	060	063	066	070	073	076	080
	2	083	086	089	093	096	099	103	106	109	112
	3	116	119	122	126	129	132	135	139	142	145
	4	149	152	155	159	162	165	168	172	175	178
	5	182	185	188	191	195	198	201	205	208	211
	6	214	218	221	224	228	231	234	238	241	244
	7	247	251	254	257	261	264	267	271	274	277
	8	280	284	287	290	294	297	300	303	307	310
	9	313	317	320	323	327	330	333	336	340	343
.24	0	7. 346	350	353	356	360	363	366	369	373	376
	1	379	383	386	389	393	396	299	402	406	409
	2	412	416	419	422	426	429	432	435	439	442
	3	445	449	452	455	459	462	465	469	472	475
	4	478	482	485	488	492	495	498	502	505	508
	5	511	515	518	521	525	528	531	535	538	541
	6	545	548	551	554	558	561	564	568	571	574
	7	578	581	584	588	591	594	597	601	604	607
	8	611	614	617	621	624	627	631	634	637	641
	9	644	647	650	654	657	660	664	667	670	674

表 Ⅰa

$R_t \longrightarrow S_{未修正的}$ （或 $R_{15} \longrightarrow S$）

R_t		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.25	0	7. 677	680	684	687	690	693	697	700	703	707
	1	710	713	717	720	723	727	730	733	737	740
	2	743	747	750	753	756	760	763	766	770	773
	3	776	780	783	786	790	793	796	800	803	806
	4	810	813	816	819	823	826	829	833	836	839
	5	843	846	849	853	856	859	863	866	869	873
	6	876	879	883	886	889	892	896	899	902	906
	7	909	912	916	919	922	926	929	932	936	939
	8	942	946	949	952	956	959	962	966	969	972
	9	976	979	982	98	989	992	995	999	002	005
.26	0	8. 009	012	015	019	022	025	029	032	035	039
	1	042	045	049	052	055	059	062	065	069	072
	2	075	079	082	085	089	092	095	099	102	105
	3	109	112	115	119	122	125	129	132	135	138
	4	142	145	148	152	155	158	162	165	168	172
	5	175	178	182	185	188	192	195	198	202	205
	6	208	212	215	218	222	225	228	232	235	238
	7	242	245	248	252	255	258	262	265	268	272
	8	275	278	282	285	288	292	295	298	302	305
	9	308	312	315	318	322	325	328	332	335	338
.27	0	8. 342	345	348	352	355	358	362	365	368	272
	1	375	378	382	385	389	392	395	399	402	405
	2	409	442	415	419	422	425	429	432	435	439

	3	442	445	449	452	455	459	462	465	469	472
	4	475	479	482	485	489	492	495	499	502	505
	5	509	512	515	519	522	525	629	532	535	539
	6	542	546	549	552	556	559	562	566	569	572
	7	576	579	582	586	589	592	596	599	602	606
	8	609	612	616	619	622	626	629	632	636	639
	9	643	646	649	653	656	659	663	666	669	673
.28	0	8. 676	679	683	686	689	693	696	699	703	706
	1	709	713	716	720	723	726	730	733	736	740
	2	743	746	750	753	756	760	763	766	770	773
	3	777	780	783	787	790	793	797	800	803	807
	4	810	813	817	820	823	827	830	833	837	840
	5	844	847	850	854	857	860	864	867	870	874
	6	877	880	884	887	891	894	897	901	904	907
	7	911	914	917	921	924	927	931	934	938	941
	8	944	948	951	954	958	961	964	968	971	974
	9	978	981	985	988	991	995	998	.001	005	008
.29	0	9. 011	015	018	021	025	028	032	035	038	042
	1	045	048	052	055	058	062	065	069	072	075
	2	079	082	085	089	092	096	099	102	105	109
	3	112	116	119	122	126	129	132	136	139	142
	4	146	149	153	156	159	163	166	169	173	176
	5	180	183	186	190	193	196	200	203	206	210
	6	213	217	220	223	227	230	233	237	240	243
	7	247	250	254	257	260	264	267	270	274	277
	8	281	284	287	291	294	297	301	304	307	311
	9	314	318	321	324	328	331	334	338	341	345

表 1a

.3000

$R_t \longrightarrow S_{未修正的}$ （或$R_{15} \longrightarrow S$）

R_t ↓		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.30	0	9. 348	351	355	358	361	365	368	371	375	378
	1	382	385	388	392	395	398	402	405	409	412
	2	415	419	422	425	429	432	436	439	442	446
	3	449	452	456	459	463	466	469	473	476	479
	4	483	486	490	493	496	500	503	506	510	513
	5	517	520	523	527	530	533	537	540	544	547
	6	550	554	557	560	564	567	571	574	577	581
	7	584	587	591	594	598	601	604	608	611	615
	8	618	621	625	628	631	635	638	642	645	648
	9	652	655	658	662	665	669	672	675	679	682
.31	0	9. 686	689	692	696	699	702	706	709	713	716
	1	719	723	726	729	733	736	740	743	746	750
	2	753	757	760	763	767	770	773	777	780	784
	3	787	790	794	797	801	804	807	811	814	817
	4	821	824	828	831	834	838	841	845	848	851
	5	855	858	862	865	868	872	875	878	882	885
	6	889	892	895	899	902	906	909	912	916	919
	7	922	926	929	933	936	939	943	946	950	953
	8	956	960	963	967	970	973	977	980	984	987
	9	990	994	997	000	004	007	011	014	017	021
.32	0	10. 024	028	031	034	038	041	045	048	051	055
	1	058	062	065	068	072	075	079	082	085	089
	2	092	095	099	102	106	109	112	116	119	123

	3		126	129	133	136	140	143	146	150	153	157
	4		160	163	167	170	174	177	180	184	187	191
	5		194	197	201	204	208	211	214	218	221	225
	6		228	231	235	238	242	245	248	252	255	259
	7		262	265	269	272	276	279	282	286	289	293
	8		296	299	303	306	310	313	316	320	323	327
	9		330	333	337	340	344	347	350	354	357	361
.33	0	10.	364	367	371	374	378	381	384	388	391	395
	1		398	401	405	408	412	415	418	422	425	429
	2		432	435	439	442	446	449	452	456	459	463
	3		466	470	473	476	480	483	487	490	493	497
	4		500	504	507	510	514	517	521	524	527	531
	5		534	538	541	544	548	551	555	558	562	565
	6		568	572	575	579	582	585	589	592	596	599
	7		602	606	609	613	616	619	623	626	630	633
	8		637	640	643	647	650	654	657	660	664	667
	9		671	674	677	681	684	688	691	695	698	701
.34	0	10.	705	708	712	715	718	722	725	729	732	736
	1		739	742	746	749	753	756	759	763	766	770
	2		773	776	780	783	787	790	794	797	800	804
	3		807	811	814	817	821	824	828	831	835	838
	4		841	845	848	852	855	858	862	865	869	872
	5		876	879	882	886	889	893	896	900	903	906
	6		910	913	917	920	923	927	930	934	937	941
	7		944	947	951	954	958	961	964	968	971	976
	8		978	982	985	988	992	995	999	002	006	009
	9	11.	012	016	019	023	026	029	033	036	040	043

表 Ⅰa

$R_t \longrightarrow S_{未修正的}$ （或$R_{15} \longrightarrow S$）

R_t			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.35	0	11.	047	050	053	057	060	064	067	071	074	077
	1		081	084	088	091	095	098	101	105	108	112
	2		115	119	122	125	129	132	136	139	143	146
	3		149	153	156	160	163	166	170	173	177	180
	4		184	187	190	194	197	201	204	208	211	214
	5		218	221	225	228	232	235	238	242	245	249
	6		252	256	259	262	266	269	273	276	280	283
	7		286	290	293	297	300	304	307	311	314	317
	8		321	324	328	331	335	338	341	345	348	352
	9		355	359	362	365	369	372	376	379	383	386
.36	0	11.	389	393	396	400	403	407	410	413	417	420
	1		424	427	431	434	438	441	444	448	451	455
	2		358	462	465	468	472	475	479	482	486	489
	3		492	496	499	503	506	510	513	517	520	523
	4		527	530	534	537	541	544	547	551	554	558
	5		561	565	568	572	575	578	582	585	589	592
	6		596	590	602	606	609	613	616	620	623	627
	7		630	633	637	640	644	647	651	654	658	661
	8		664	668	671	675	678	682	685	689	692	695
	9		699	702	706	709	713	716	719	723	726	730
.37	0	11.	738	737	740	744	747	750	754	757	761	764
	1		768	771	775	778	781	785	788	792	795	799
	2		802	806	809	812	816	819	823	826	830	833

	3		837	840	843	847	850	854	857	861	864	868
	4		871	874	878	881	885	888	892	895	899	902
	5		906	909	912	916	919	923	926	930	933	937
	6		940	943	947	950	954	957	961	964	968	971
	7		975	978	981	985	988	992	995	999	002	006
	8	12.	009	012	016	019	023	026	030	033	037	040
	9		044	047	050	054	057	061	064	068	071	075
.38	0	12.	078	081	085	088	092	095	099	102	106	109
	1		113	116	119	123	126	130	133	137	140	144
	2		147	151	154	157	161	164	168	171	175	178
	3		182	185	189	192	195	199	202	206	209	213
	4		216	220	223	227	230	234	237	240	244	247
	5		251	254	258	261	265	268	272	275	278	282
	6		285	289	292	296	299	303	306	310	313	316
	7		320	323	327	330	334	337	341	344	348	351
	8		355	358	361	365	368	372	375	379	382	386
	9		389	393	396	400	403	406	410	413	417	420
.39	0	12.	424	427	431	434	438	441	445	448	451	455
	1		458	462	465	469	472	476	479	483	486	490
	2		493	496	500	503	507	510	514	517	521	524
	3		528	531	535	538	542	545	548	552	555	559
	4		562	566	569	573	576	580	583	587	590	594
	5		597	600	604	607	611	614	618	621	625	628
	6		632	635	639	642	646	649	652	656	659	663
	7		666	670	673	677	680	684	687	691	694	698
	8		701	705	708	711	715	718	722	725	729	732
	9		736	739	743	740	750	753	757	760	764	767

表 Ⅰa

$R_t \longrightarrow S_{未修正的}$ （或$R_{15} \longrightarrow S$） .4000

R_t ↓			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.40	0	12.	770	774	777	781	784	788	791	795	798	802
	1		805	809	812	816	819	823	826	829	833	836
	2		840	843	847	850	854	857	861	864	868	871
	3		875	878	882	885	889	892	895	899	902	906
	4		909	913	916	920	923	927	930	934	937	941
	5		944	948	951	956	958	962	965	968	972	975
	6		979	982	986	989	993	996	000	003	007	010
	7	13.	014	017	021	024	028	031	035	038	041	045
	8		048	052	055	059	062	066	069	073	076	080
	9		083	087	090	094	097	101	104	108	111	115
.41	0	13.	118	122	125	128	132	135	139	142	146	149
	1		153	156	160	163	167	170	174	177	181	184
	2		188	191	195	198	202	205	209	212	216	219
	3		223	226	229	233	236	240	243	247	250	254
	4		257	261	264	268	271	275	278	282	285	289
	5		292	296	299	303	306	310	313	317	320	324
	6		327	331	334	338	341	344	348	351	355	358
	7		362	365	369	372	376	379	383	386	390	393
	8		397	400	404	407	411	414	418	421	425	428
	9		432	435	439	442	446	449	453	456	460	463
.42	0	13.	467	470	474	477	481	484	488	491	494	498
	1		501	505	508	512	515	519	522	526	529	533
	2		536	540	543	547	550	554	557	561	564	568

	3	571	575	578	582	585	589	592	596	599	603
	4	606	610	613	617	620	624	627	631	634	638
	5	641	645	648	652	655	659	662	666	669	673
	6	676	680	683	687	690	694	697	701	704	708
	7	711	715	718	722	725	729	732	736	739	743
	8	746	750	753	757	760	764	767	771	774	777
	9	781	784	788	791	795	798	802	805	809	812
.43	0	13, 816	819	823	826	830	833	837	840	844	847
	1	851	854	858	861	865	868	872	875	879	882
	2	886	889	893	896	900	903	907	910	914	917
	3	921	924	928	931	935	938	942	945	949	952
	4	956	959	963	966	970	974	977	981	984	988
	5	991	995	998	002	005	009	012	016	019	023
	6	14, 026	030	033	037	040	044	047	051	054	058
	7	061	065	068	072	075	079	082	086	089	093
	8	096	100	103	107	110	114	117	121	124	128
	9	131	135	138	142	145	149	152	156	159	163
.44	0	14, 166	170	173	177	180	184	187	191	194	198
	1	201	205	208	212	215	219	222	226	229	233
	2	236	240	243	247	250	254	257	261	265	268
	3	272	275	279	282	286	289	293	296	300	303
	4	307	310	314	317	321	324	328	331	335	338
	5	342	345	349	352	356	359	363	366	370	373
	6	377	380	384	387	391	394	398	401	405	408
	7	412	416	419	423	426	430	433	437	440	444
	8	447	451	454	458	461	465	468	472	475	479
	9	482	486	489	493	496	500	503	507	510	514

表 Ia

$R_t \longrightarrow S_{未修正的}$(或$R_{15} \longrightarrow S$)

		0'	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.45	0	14. 517	521	524	528	532	535	539	542	546	549
	1	553	556	560	563	567	570	574	577	581	584
	2	588	591	595	598	602	605	609	612	616	619
	3	623	626	630	634	637	641	644	648	651	655
	4	658	662	665	669	672	676	679	683	686	690
	5	693	697	700	704	707	711	714	718	722	725
	6	729	732	736	739	743	746	750	753	757	760
	7	764	767	771	774	778	781	785	788	792	795
	8	799	803	806	810	813	817	820	824	827	831
	9	834	838	841	845	848	852	855	859	862	866
.46	0	14. 869	873	877	880	884	887	891	894	898	901
	1	905	908	912	915	919	922	926	929	933	936
	2	940	944	947	951	954	958	961	965	968	972
	3	975	979	982	986	989	993	996	000	003	007
	4	15. 011	014	018	021	025	028	032	035	039	042
	5	046	049	053	056	060	063	067	071	074	078
	6	081	085	088	092	095	099	102	106	109	113
	7	116	120	123	127	131	134	138	141	145	148
	8	152	155	159	162	166	169	173	176	180	184
	9	187	191	194	198	201	205	208	212	215	219
.47	0	15. 222	226	229	233	237	240	244	247	251	254
	1	258	261	265	268	272	275	279	282	286	290
	2	293	297	300	304	307	311	314	318	321	325

R_t ↓

	3	328	332	336	339	343	346	350	353	357	360
	4	364	367	371	374	378	381	385	389	392	396
	5	399	403	406	410	413	417	420	424	427	431
	6	435	438	442	445	449	452	456	459	463	466
	7	470	473	477	481	484	488	491	495	498	502
	8	505	509	512	516	519	523	527	530	534	537
	9	541	544	548	551	555	558	562	566	569	573
.48	0	15. 576	580	583	587	590	594	597	601	604	608
	1	612	615	619	622	626	629	633	636	640	643
	2	647	651	654	658	661	665	668	672	675	679
	3	682	686	690	693	697	700	704	707	711	714
	4	718	721	725	729	732	736	739	743	746	750
	5	753	757	760	764	768	771	775	778	782	785
	6	789	792	796	799	803	807	810	814	817	821
	7	824	828	831	835	838	842	846	849	853	856
	8	860	863	867	870	874	877	881	885	888	892
	9	895	899	902	906	909	913	917	920	924	927
.49	0	15. 931	934	938	941	945	948	952	956	959	963
	1	966	970	973	977	980	984	988	991	995	998
	2	16. 002	005	009	012	016	019	023	027	030	034
	3	037	041	044	048	051	055	059	062	066	069
	4	073	076	080	083	087	091	094	098	101	105
	5	108	112	115	119	123	126	130	133	137	140
	6	144	147	151	155	158	162	165	169	172	176
	7	179	183	187	190	194	197	201	204	208	211
	8	215	219	222	226	229	233	236	240	243	247
	9	251	254	258	261	265	268	272	275	279	283

表 1a

.5000

$R_i \longrightarrow S_{未修正的}$(或$R_{15} \longrightarrow S$)

R_i		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.50	0	16.286	290	293	297	300	304	307	311	315	318
	1	322	325	329	332	336	340	343	347	350	354
	2	357	361	364	368	372	375	379	382	386	389
	3	393	396	400	404	407	411	414	418	421	425
	4	429	432	436	439	443	446	450	453	457	461
	5	464	468	471	475	478	482	486	489	493	496
	6	500	503	507	510	514	518	521	525	528	532
	7	535	539	543	546	550	553	557	560	564	567
	8	571	575	578	582	585	589	592	596	600	603
	9	607	610	614	617	621	625	628	632	635	639
.51	0	16.642	646	649	653	657	660	664	667	671	674
	1	678	682	685	689	692	696	699	703	707	710
	2	714	717	721	724	728	732	735	739	742	746
	3	749	753	757	760	764	767	771	774	778	782
	4	785	789	792	796	799	803	806	810	814	817
	5	821	824	828	831	835	839	842	846	849	853
	6	856	860	864	867	871	874	878	881	885	889
	7	892	896	899	903	906	910	914	917	921	924
	8	628	931	935	939	942	946	949	953	957	960
	9	964	967	971	974	978	982	985	989	992	996
.52	0	16.999	003	007	010	014	017	021	024	028	032
	1	17.035	039	042	046	049	053	057	060	064	067
	2	071	074	078	082	085	089	092	096	100	103

	3	107	110	114	117	121	125	128	132	135	139
	4	142	146	150	153	157	160	164	167	171	175
	5	178	182	185	189	193	196	200	203	207	210
	6	214	218	221	225	228	232	235	239	243	246
	7	250	253	257	261	264	268	271	275	278	282
	8	286	289	293	296	300	304	307	311	314	318
	9	321	325	329	332	336	339	343	346	350	354
.53	0	17. 357	361	364	368	372	375	379	382	386	389
	1	393	397	400	404	407	411	415	418	422	425
	2	429	432	436	440	443	447	450	454	458	461
	3	465	468	472	476	479	483	486	490	493	497
	4	501	504	508	511	515	519	522	526	529	533
	5	536	540	544	547	551	554	558	562	565	569
	6	572	576	580	583	587	590	594	597	601	605
	7	608	612	615	619	623	626	630	633	637	641
	8	644	648	651	655	658	662	666	669	673	676
	9	680	684	687	691	694	698	702	705	709	712
.54	0	17. 716	719	723	727	730	734	737	741	745	748
	1	752	755	759	763	766	770	773	777	781	784
	2	788	791	795	798	802	806	809	813	816	820
	3	824	827	831	834	838	842	845	849	852	856
	4	860	863	867	870	874	878	881	885	888	892
	5	896	899	903	906	910	913	917	921	924	928
	6	931	935	939	942	946	949	953	957	960	964
	7	967	971	975	978	982	985	989	993	996	000
	8	18. 003	007	011	014	018	021	025	029	032	036
	9	039	043	047	050	054	057	061	065	068	072

表 I a

$R_t \longrightarrow S_{未修正的}$(或$R_{16} \longrightarrow S$)

		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.55	0	18.075	079	083	086	090	093	097	101	104	108
	1	111	115	119	122	126	129	133	136	140	144
	2	147	151	154	158	162	165	169	172	176	180
	3	183	187	191	194	198	201	205	209	212	216
	4	219	223	227	230	234	237	241	245	248	252
	5	255	259	263	266	270	273	277	281	284	288
	6	291	295	299	302	306	309	313	317	320	324
	7	327	331	335	338	342	345	349	353	356	360
	8	363	367	371	374	378	381	385	389	392	396
	9	399	403	407	410	414	418	421	425	428	432
.56	0	18.436	439	443	446	450	454	457	461	464	468
	1	472	475	479	482	486	490	493	497	500	504
	2	508	511	515	518	522	526	529	533	537	540
	3	544	547	551	555	558	562	565	569	573	576
	4	580	583	587	591	594	598	601	605	609	612
	5	616	620	623	627	630	634	638	641	645	648
	6	652	656	659	663	666	670	674	677	681	685
	7	688	692	695	699	703	706	710	713	717	721
	8	724	728	731	735	739	742	746	750	753	757
	9	760	764	768	771	775	778	782	786	789	793
.57	0	18.797	800	804	807	811	815	818	822	825	829
	1	833	836	840	844	847	851	854	858	862	865
	2	869	872	876	880	883	887	891	894	898	901

R_t ↓

	3	905	909	912	916	919	923	927	930	934	938
	4	941	945	948	952	956	959	963	966	970	974
	5	977	981	985	988	992	995	999	003	006	010
	6	19. 013	017	021	024	028	032	035	039	042	046
	7	050	053	057	061	064	068	071	075	079	082
	8	086	089	093	097	100	104	108	111	115	118
	9	122	126	129	133	137	140	144	147	151	155
.58	0	19. 158	162	165	169	173	176	180	184	187	191
	1	195	198	202	205	209	213	216	220	223	227
	2	231	234	238	242	245	249	252	256	260	263
	3	267	271	274	278	281	285	289	292	296	300
	4	303	307	310	314	318	321	325	329	332	336
	5	339	343	347	350	354	358	361	365	368	372
	6	376	379	383	387	390	394	397	401	405	408
	7	412	416	419	423	426	430	434	437	441	445
	8	448	452	456	459	463	466	470	474	477	481
	9	485	488	492	495	499	503	506	510	514	517
.59	0	19. 521	524	528	532	535	539	543	546	550	553
	1	557	561	564	568	572	575	579	583	586	590
	2	593	597	601	604	608	612	615	619	622	626
	3	630	633	637	641	644	648	652	655	659	662
	4	666	670	673	677	681	684	688	691	695	699
	5	702	706	710	713	717	721	724	728	731	735
	6	739	742	746	750	753	757	761	764	768	771
	7	775	779	782	786	790	793	797	800	804	808
	8	811	815	819	822	826	830	833	837	840	844
	9	848	851	855	859	862	866	870	873	877	880

表 Ia

$R_t \longrightarrow S_{未修正的}$ （或$R_{15} \longrightarrow S$）

R_t ↓		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.60	0	19. 884	888	891	895	899	902	906	910	913	917
	1	920	924	928	931	935	939	942	946	950	953
	2	957	961	964	968	971	975	979	982	986	990
	3	993	997	001	004	008	011	015	019	022	026
	4	20. 030	033	037	041	044	048	051	055	059	062
	5	066	070	073	077	081	084	088	092	095	099
	6	102	106	110	113	117	121	124	128	132	135
	7	139	143	146	150	153	157	161	164	168	172
	8	175	179	183	186	190	194	197	201	204	208
	9	212	215	219	223	226	230	234	237	241	245
.61	0	20. 248	252	255	259	263	266	270	274	277	281
	1	285	288	292	296	299	303	306	310	314	317
	2	321	325	328	332	336	339	343	347	350	354
	3	358	361	365	368	372	376	379	383	387	390
	4	394	398	401	405	409	412	416	420	423	427
	5	430	434	438	441	445	449	452	456	460	463
	6	467	471	474	478	482	485	489	492	496	500
	7	503	507	511	514	518	522	525	529	533	536
	8	540	544	547	551	555	558	562	565	569	573
	9	576	580	584	587	591	595	598	602	606	609
.62	0	20. 613	617	620	624	628	631	635	639	642	646
	1	649	653	657	660	664	668	671	675	679	682
	2	686	690	693	697	701	704	708	712	715	719

	3	723	726	730	734	737	741	744	748	752	755
	4	759	763	766	770	774	777	781	785	788	792
	5	796	799	803	807	810	814	818	821	825	829
	6	832	836	840	843	847	850	854	858	861	865
	7	869	872	876	880	883	887	891	894	898	902
	8	905	909	913	916	920	924	927	931	935	938
	9	942	946	949	953	957	960	964	968	971	975
.63	0	20. 978	982	986	989	993	997	000	004	008	011
	1	21. 015	019	022	026	030	033	037	041	044	048
	2	052	055	059	063	066	070	074	077	081	085
	3	088	092	096	099	103	107	110	114	118	121
	4	125	129	132	136	140	143	147	151	154	158
	5	162	165	169	173	176	180	184	187	191	195
	6	198	202	206	209	213	216	220	224	227	231
	7	235	238	242	246	249	253	257	260	264	268
	8	271	275	279	282	286	290	293	297	301	304
	9	308	312	315	319	323	326	330	334	337	341
.64	0	21. 345	348	352	356	359	363	367	370	374	378
	1	381	385	389	392	396	400	403	407	411	414
	2	418	422	425	429	433	436	440	444	447	451
	3	455	458	462	466	469	473	477	480	484	488
	4	492	495	499	503	506	510	514	517	521	525
	5	528	532	536	539	543	547	550	554	558	561
	6	565	569	572	576	580	583	587	591	594	598
	7	602	605	609	613	616	620	624	627	631	635
	8	638	642	646	649	653	657	660	664	668	671
	9	675	679	682	686	690	693	697	701	704	708

表 Ⅰa

$R_t \longrightarrow S_{未修正的}$(或$R_{15} \longrightarrow S$)

R_t		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.65	0	21.712	715	719	723	726	730	734	738	741	745
	1	749	752	756	760	763	767	771	774	778	782
	2	785	789	793	796	800	804	807	811	815	818
	3	822	826	829	833	837	840	844	848	851	855
	4	859	862	866	870	874	877	881	885	888	892
	5	896	899	903	907	910	914	918	921	925	929
	6	932	936	940	943	947	951	954	958	962	965
	7	969	973	977	980	984	988	991	995	999	002
	8	22.006	010	013	017	021	024	028	032	035	039
	9	043	046	050	054	057	061	065	069	072	076
.66	0	22.080	083	087	091	094	098	102	105	109	113
	1	116	120	124	127	131	135	138	142	146	150
	2	153	157	161	164	168	172	175	179	183	186
	3	190	194	197	201	205	208	212	216	219	223
	4	227	231	234	238	242	245	249	253	256	260
	5	264	267	271	275	278	282	286	290	293	297
	6	301	304	308	312	315	319	323	326	330	334
	7	337	341	345	348	352	356	360	363	367	371
	8	374	378	382	385	389	393	396	400	404	407
	9	411	415	419	422	426	430	433	437	441	444
.67	0	22.448	452	455	459	463	466	470	474	478	481
	1	485	489	492	496	500	503	507	511	514	518
	2	522	526	529	533	537	540	544	548	551	555

	3	559	562	566	570	573	577	581	585	588	592
	4	596	599	603	607	610	614	618	621	625	629
	5	633	636	640	644	647	651	655	658	662	666
	6	669	673	677	681	684	688	692	695	699	703
	7	706	710	714	717	721	725	729	732	736	740
	8	743	747	751	754	758	762	766	769	773	777
	9	780	784	788	791	795	799	802	806	810	814
.68	0	22. 817	821	825	828	832	836	839	843	847	851
	1	854	858	862	865	869	873	876	880	884	887
	2	891	895	899	902	906	910	913	917	921	924
	3	928	932	936	939	943	947	950	954	958	961
	4	965	969	973	976	980	984	987	991	995	998
	5	23. 002	006	010	013	017	021	024	028	032	035
	6	039	043	047	050	054	058	061	065	069	072
	7	076	080	084	087	091	095	098	102	106	109
	8	113	117	121	124	128	132	135	139	143	146
	9	150	154	158	161	165	169	172	176	180	183
.69	0	23. 187	191	195	198	202	206	209	213	217	221
	1	224	228	232	235	239	243	246	250	254	258
	2	261	265	269	272	276	280	283	287	291	295
	3	298	302	306	309	313	317	321	324	328	332
	4	335	339	343	346	350	354	358	361	365	369
	5	372	376	380	384	387	391	395	398	402	406
	6	409	413	417	421	424	428	432	435	439	443
	7	447	450	454	458	461	465	469	473	476	480
	8	484	487	491	495	498	502	506	510	513	517
	9	521	524	528	532	536	539	543	547	550	554

表 Ⅰa

$R_t \longrightarrow_{未修正的}$ （或$R_{15} \longrightarrow S$）

		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.70	0	23. 558	562	565	569	573	576	580	584	588	591
	1	595	599	602	606	610	613	617	621	625	628
	2	632	636	639	643	647	651	654	658	662	665
	3	669	673	677	680	684	688	691	695	699	703
	4	706	710	714	717	721	725	729	732	736	740
	5	743	747	751	755	758	762	766	769	773	777
	6	781	784	788	792	795	799	803	807	810	814
	7	818	821	825	829	833	836	840	844	847	851
	8	855	859	862	866	870	873	877	881	885	888
	9	892	896	899	903	907	911	914	918	922	925
.71	0	23. 929	933	937	940	944	948	951	955	959	963
	1	966	970	974	978	981	985	989	992	996	000
	2	24. 004	007	011	015	018	022	026	030	033	037
	3	041	044	048	052	056	059	063	067	070	074
	4	078	082	085	089	093	097	100	104	108	111
	5	115	119	123	126	130	134	137	141	145	149
	6	152	156	160	164	167	171	175	178	182	186
	7	190	193	197	201	204	208	212	216	219	223
	8	227	231	234	238	242	245	249	253	257	260
	9	264	268	271	275	279	283	286	290	294	298
.72	0	24. 301	305	309	312	316	320	324	327	331	335
	1	339	342	346	350	353	357	361	365	368	372
	2	376	379	383	387	391	394	398	402	406	409

$\downarrow R_t \downarrow$

	3	413	417	420	424	428	432	435	439	443	447
	4	450	454	458	461	465	469	473	476	480	484
	5	488	491	495	499	502	506	510	514	517	521
	6	525	529	532	536	540	543	547	551	555	558
	7	562	566	570	573	577	581	585	588	592	596
	8	599	603	607	611	614	618	622	626	629	633
	9	637	640	644	648	652	655	659	663	667	670
.73	0	24. 674	678	682	685	689	693	696	700	704	708
	1	711	715	719	723	726	730	734	737	741	745
	2	749	752	756	760	764	767	771	775	779	782
	3	786	790	793	797	801	805	808	812	816	820
	4	823	827	831	835	838	842	846	849	853	857
	5	861	864	868	872	876	879	883	887	891	894
	6	898	902	906	909	913	917	920	924	928	932
	7	935	939	943	947	950	954	958	962	965	969
	8	973	977	980	984	988	991	995	999	003	006
	9	25. 010	014	018	021	025	029	033	036	040	044
.74	0	25. 048	051	055	059	062	066	070	074	077	081
	1	085	089	092	096	100	104	107	111	115	119
	2	122	126	130	134	137	141	145	148	152	156
	3	160	163	167	171	175	178	182	186	190	193
	4	197	201	205	208	212	216	220	223	227	231
	5	235	238	242	246	250	253	257	261	264	268
	6	272	276	279	283	287	291	294	298	302	306
	7	309	313	317	321	324	328	332	336	339	343
	8	347	351	354	358	362	366	369	373	377	381
	9	384	388	392	396	399	403	407	410	414	418

表 Ⅰa

$R_f \longrightarrow S_{未修正的}$ （或$R_{15} \longrightarrow S$）

R_f ↓		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.75	0	25.422	425	429	433	437	440	444	448	452	455
	1	459	463	467	470	474	478	482	485	489	493
	2	497	500	504	508	512	515	519	523	527	530
	3	534	538	542	545	549	553	557	560	564	568
	4	572	575	579	583	587	590	594	598	602	605
	5	609	613	617	620	624	628	632	635	639	643
	6	647	650	654	658	662	665	669	673	677	680
	7	684	688	692	695	699	703	707	710	714	718
	8	722	725	729	733	737	740	744	748	752	755
	9	759	763	767	770	774	778	782	785	789	793
.76	0	25.797	800	804	808	812	815	819	823	827	830
	1	834	838	842	845	849	853	857	860	864	868
	2	872	875	879	883	887	890	894	898	902	905
	3	909	913	917	920	924	928	932	936	939	943
	4	947	951	954	958	962	966	969	973	977	981
	5	984	988	992	996	999	003	007	011	014	018
	6	26.022	026	029	033	037	041	044	048	052	056
	7	059	063	067	071	074	078	082	086	090	093
	8	097	101	105	108	112	116	120	123	127	131
	9	135	138	142	146	150	153	157	161	165	168
.77	0	26.172	176	180	183	187	191	195	199	202	206
	1	210	214	217	221	225	229	232	236	240	244
	2	247	251	255	259	262	266	270	274	278	281

	3		285	289	293	296	300	304	308	311	315	319
	4		323	326	330	334	338	341	345	349	353	357
	5		360	364	368	372	375	379	383	387	390	394
	6		398	402	405	409	413	417	420	424	428	432
	7		436	439	443	447	451	454	458	462	466	469
	8		473	477	481	484	488	492	496	500	503	507
	9		511	515	518	522	526	530	533	537	541	545
.78	0	26.	548	552	556	560	564	567	571	575	579	582
	1		586	590	594	597	601	605	609	613	616	620
	2		624	628	631	635	639	643	646	650	654	658
	3		662	665	669	673	677	680	684	688	692	695
	4		699	703	707	711	714	718	722	726	729	733
	5		737	741	744	748	752	756	760	763	767	771
	6		775	778	782	786	790	793	797	801	805	809
	7		812	816	820	824	827	831	835	839	842	846
	8		850	854	858	861	865	869	873	876	880	884
	9		888	892	895	899	903	907	910	914	918	922
.79	0	26.	925	929	933	937	941	944	948	952	956	959
	1		963	967	971	975	978	982	986	990	993	997
	2	27.	001	005	009	012	016	020	024	027	031	035
	3		039	042	046	050	054	058	061	065	069	073
	4		076	080	084	088	092	095	099	103	107	110
	5		114	118	122	126	129	133	137	141	144	148
	6		152	156	160	163	167	171	175	178	182	186
	7		190	194	197	201	205	209	212	216	220	224
	8		228	231	235	239	243	246	250	254	258	262
	9		265	269	273	277	280	284	288	292	296	299

表 Ia

$R_t \longrightarrow S_{未修正的}$ （或$R_{1s} \longrightarrow S$）

R_t		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.80	0	27.303	307	311	315	318	322	326	330	333	337
	1	341	345	349	352	356	360	364	367	371	375
	2	379	383	386	390	394	398	401	405	409	413
	3	417	420	424	428	432	436	439	443	447	451
	4	454	458	462	466	470	473	477	481	485	488
	5	492	496	500	504	507	511	515	519	523	526
	6	530	534	538	541	545	549	553	557	560	564
	7	568	572	576	579	583	587	591	594	598	602
	8	606	610	613	617	621	625	629	632	636	640
	9	644	647	651	655	659	663	666	670	674	678
.81	0	27.682	685	689	603	697	700	704	708	712	716
	1	719	723	727	731	735	738	742	746	750	753
	2	757	761	765	769	772	776	780	784	788	791
	3	795	799	803	807	810	814	818	822	825	829
	4	833	837	841	844	848	852	856	860	863	867
	5	871	875	879	882	886	890	894	898	901	905
	6	909	913	916	920	924	928	932	935	939	943
	7	947	951	954	958	962	966	970	973	977	981
	8	985	989	992	996	000	004	007	011	015	019
	9	28.023	026	030	034	038	042	045	049	053	057
.82	0	28.061	064	068	072	076	080	083	087	091	095
	1	099	102	106	110	114	118	121	125	129	133
	2	136	140	144	148	152	155	159	163	167	171

	3	174	178	182	186	190	193	197	201	205	209
	4	212	216	220	224	228	231	235	239	243	247
	5	250	254	258	262	266	269	273	277	281	285
	6	288	292	296	300	304	307	311	315	319	323
	7	326	330	334	338	342	345	349	353	357	361
	8	364	368	372	376	380	383	387	391	395	399
	9	402	406	410	414	418	421	425	429	433	437
.83	0	28. 440	444	448	452	456	459	463	467	471	475
	1	478	482	486	490	494	497	501	505	509	513
	2	516	520	524	528	532	535	539	543	547	551
	3	554	558	562	566	570	573	577	581	585	589
	4	592	596	600	604	608	611	615	619	623	627
	5	630	634	638	642	646	649	653	657	661	665
	6	669	672	676	680	684	688	691	695	699	703
	7	707	710	714	718	722	726	729	733	737	741
	8	745	748	752	756	760	764	767	771	775	779
	9	783	786	790	794	798	802	806	809	813	817
.84	0	28. 821	825	828	832	836	840	844	847	851	855
	1	859	863	866	870	874	878	882	886	889	893
	2	897	901	905	908	912	916	920	924	927	931
	3	935	939	943	946	950	954	958	962	966	969
	4	973	977	981	985	988	992	996	000	004	007
	5	29. 011	015	019	023	026	030	034	038	042	046
	6	049	053	057	061	065	068	072	076	080	084
	7	087	091	095	099	103	107	110	114	118	122
	8	126	129	133	137	141	145	148	152	156	160
	9	164	168	171	175	179	183	187	190	194	198

表 Ⅰa

$R_t \longrightarrow S_{未修正的}$ （或$R_{15} \longrightarrow S$）

R_t		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.85	0	29.202	206	210	213	217	221	225	229	232	236
	1	240	244	248	251	255	259	263	267	271	274
	2	278	282	286	290	233	297	301	305	309	313
	3	316	320	324	328	332	335	339	343	347	351
	4	355	358	362	386	370	374	377	381	385	389
	5	393	397	400	404	408	412	416	419	423	427
	6	431	435	439	442	446	450	454	458	461	465
	7	469	473	477	481	484	488	492	496	500	503
	8	507	511	515	519	523	526	530	534	538	542
	9	545	549	553	557	561	565	568	572	576	580
.86	0	29.584	588	591	595	590	603	607	610	614	618
	1	622	626	630	633	637	641	645	649	652	656
	2	660	664	668	672	675	679	683	687	691	695
	3	698	702	706	710	714	717	721	725	729	733
	4	737	740	744	748	752	756	760	763	767	771
	5	775	779	782	786	790	794	798	802	805	809
	6	813	817	821	825	828	832	836	840	844	848
	7	851	855	859	863	867	870	874	878	882	886
	8	890	893	897	901	905	909	913	916	920	924
	9	928	932	936	939	943	947	951	955	959	962
.87	0	29.966	970	974	978	931	985	989	993	997	001
	1	30.004	008	012	016	020	024	027	031	035	039
	2	043	047	050	054	058	062	066	070	073	077

	3		081	085	089	093	096	100	104	108	112	116
	4		119	123	127	131	135	138	142	146	150	154
	5		158	161	165	169	173	177	181	184	188	192
	6		196	200	204	207	211	215	219	223	227	230
	7		234	238	242	246	250	253	257	261	265	269
	8		273	276	280	284	288	292	296	299	303	307
	9		311	315	319	322	326	330	334	338	342	245
.88	0	30.	349	353	357	361	365	368	372	376	380	384
	1		388	392	395	399	403	407	411	415	418	422
	2		426	430	434	438	441	445	449	453	457	461
	3		464	468	472	476	480	484	487	491	495	499
	4		503	507	510	514	518	522	526	530	533	537
	5		541	545	549	553	557	560	564	568	572	576
	6		580	583	587	591	595	599	603	606	610	614
	7		618	622	626	629	633	637	641	645	649	652
	8		656	660	664	668	672	676	679	683	687	691
	9		695	699	792	706	710	714	718	722	725	729
.89	0	30.	733	737	741	745	749	752	756	760	764	768
	1		772	776	779	783	787	791	795	798	802	806
	2		810	814	818	822	825	829	833	837	841	845
	3		848	852	856	860	864	568	872	876	879	883
	4		887	891	895	898	902	906	910	914	918	921
	5		925	929	933	937	941	945	948	952	956	960
	6		964	968	971	975	979	983	987	991	995	998
	7	31.	002	006	010	014	018	021	025	029	033	037
	8		041	045	048	052	056	060	064	068	072	075
	9		079	083	087	091	095	098	102	106	110	114

表 Ⅰa

$R_t \longrightarrow S_{未修正的}$ (或 $R_{15} \longrightarrow S$)

R_t ↓		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.90	0	31．118	122	125	129	133	137	141	145	148	152
	1	156	160	164	168	172	175	179	183	187	191
	2	195	199	202	206	210	214	218	222	225	229
	3	233	237	241	245	249	252	256	260	264	268
	4	272	276	279	283	287	291	295	299	302	306
	5	310	314	318	322	326	329	333	337	341	345
	6	349	353	356	360	364	368	372	376	380	383
	7	387	391	395	399	403	407	410	414	418	422
	8	426	430	433	437	441	445	449	453	457	460
	9	464	468	472	476	480	484	487	491	495	499
.91	0	31．503	507	511	514	518	522	526	530	534	538
	1	541	545	549	553	557	561	565	568	572	576
	2	580	584	588	592	595	599	603	607	611	615
	3	619	622	626	630	634	638	642	646	649	653
	4	657	661	665	669	673	676	680	684	688	692
	5	696	700	703	707	711	715	719	723	727	730
	6	734	738	742	746	750	754	757	761	765	769
	7	773	777	781	784	788	792	796	800	804	808
	8	812	815	819	823	827	831	835	839	842	846
	9	850	854	858	862	866	869	873	877	881	885
.92	0	31．889	893	896	900	904	908	912	916	920	924
	1	927	931	935	939	943	947	951	954	958	962
	2	966	970	974	978	981	985	989	993	997	001

	3	32. 005	009	012	016	020	024	028	032	036	039
	4	043	047	051	055	059	063	066	070	074	078
	5	082	086	090	094	097	101	105	109	113	117
	6	121	124	128	132	136	140	144	148	152	155
	7	159	163	167	171	175	179	182	186	190	194
	8	198	202	206	210	213	217	221	225	229	233
	9	237	240	244	248	252	256	260	264	268	271
.93	0	32. 275	279	283	287	291	295	299	302	306	310
	1	314	318	322	326	329	333	337	341	345	349
	2	353	357	360	364	368	372	376	380	384	388
	3	391	395	399	403	407	411	415	418	422	426
	4	430	434	438	442	446	449	453	457	461	465
	5	469	473	477	480	484	488	492	496	500	504
	6	508	511	515	519	523	527	531	535	639	542
	7	546	550	554	558	562	566	570	573	577	581
	8	585	589	593	597	601	604	608	612	616	620
	9	624	628	632	635	639	643	647	651	655	659
.94	0	32. 663	666	670	674	678	682	686	690	694	697
	1	701	705	709	713	717	721	725	728	732	736
	2	740	744	748	752	756	759	763	767	771	775
	3	779	783	787	790	794	798	802	806	810	814
	4	818	821	825	829	833	837	841	845	849	853
	5	856	860	864	868	872	876	880	884	887	891
	6	895	899	903	907	911	915	918	922	926	930
	7	934	938	942	946	949	953	957	961	965	969
	8	973	977	981	984	988	992	996	000	004	008
	9	33. 012	015	019	023	027	031	035	039	043	047

表 Ia

$R_t \longrightarrow S_{未修正的}$(或$R_{15} \longrightarrow S$)

R_t ↓		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.95	0	33, 050	054	058	062	066	070	074	078	081	085
	1	089	093	097	101	105	109	113	116	120	124
	2	128	132	136	140	144	147	151	155	159	163
	3	167	171	175	179	182	186	190	194	198	202
	4	206	210	214	217	221	225	229	233	237	241
	5	245	249	252	256	260	264	268	272	276	280
	6	283	287	291	295	299	303	307	311	315	318
	7	322	326	330	334	338	342	346	350	353	357
	8	361	365	369	373	377	381	385	388	392	396
	9	400	404	408	412	416	420	423	427	431	435
.96	0	33, 439	443	447	451	455	458	462	466	470	474
	1	478	482	486	490	493	497	501	505	509	513
	2	517	521	525	528	532	536	540	544	548	552
	3	556	560	563	567	571	575	579	583	587	591
	4	595	598	602	606	610	614	618	622	626	630
	5	634	637	641	645	649	653	657	661	665	669
	6	672	676	680	684	688	692	696	700	704	707
	7	711	715	719	723	737	731	735	739	743	746
	8	750	754	758	762	766	770	774	778	781	785
	9	789	793	797	801	805	809	813	817	820	824
.97	0	33, 828	832	836	840	844	848	852	856	869	863
	1	867	871	875	879	883	887	891	894	898	902
	2	906	910	914	918	922	926	930	933	937	941

	3		945	949	953	957	961	965	969	972	976	980
	4		984	988	992	996	000	004	008	011	015	019
	5	34,	023	027	031	035	039	043	047	050	054	058
	6		062	066	070	074	078	082	086	089	093	097
	7		101	105	109	113	117	121	125	128	132	136
	8		140	144	148	152	156	160	164	167	171	175
	9		179	183	187	191	195	199	203	206	210	214
,98	0	34,	218	222	226	230	234	238	242	245	249	253
	1		257	261	265	269	273	277	281	285	288	292
	2		296	300	304	308	312	316	320	324	327	331
	3		335	339	343	347	351	355	359	363	366	370
	4		374	378	382	386	390	394	398	402	406	409
	5		413	417	421	425	429	433	437	441	445	449
	6		452	456	460	464	468	472	476	480	484	488
	7		491	495	499	503	507	511	515	519	523	527
	8		531	534	538	542	546	550	554	558	562	566
	9		570	574	577	581	585	589	593	597	601	605
,99	0	34,	609	613	617	620	624	628	632	636	640	644
	1		648	652	656	660	663	667	671	675	679	683
	2		687	691	695	699	703	706	710	714	718	722
	3		726	730	734	738	742	746	750	753	757	761
	4		765	769	773	777	781	785	789	793	796	800
	5		804	808	812	816	820	824	828	832	836	840
	6		843	847	851	855	859	863	867	871	875	879
	7		883	886	890	894	898	902	906	910	914	918
	8		922	926	930	933	937	941	945	949	953	957
	9		961	965	969	973	977	980	984	988	992	996

表 Ⅰa

$R_t \longrightarrow S_{未修正的}$(或$R_{15} \longrightarrow S$)

		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.00	0	35.000	004	008	012	016	020	023	027	031	035
	1	039	043	047	051	055	059	063	067	070	074
	2	078	082	086	090	094	098	102	106	110	114
	3	118	121	125	129	133	137	141	145	149	153
	4	157	161	165	168	172	176	180	184	188	192
	5	196	200	204	208	212	215	219	223	227	231
	6	235	239	243	247	251	255	259	263	266	270
	7	274	278	282	286	290	294	298	302	306	310
	8	313	317	321	325	329	333	337	341	345	349
	9	353	357	361	364	368	372	376	380	384	388
1.01	0	35.392	396	400	404	408	412	415	419	423	427
	1	431	435	439	443	447	451	455	459	463	466
	2	470	474	478	482	486	490	494	498	502	506
	3	510	514	517	521	525	529	533	537	541	545
	4	549	553	557	561	565	569	572	576	580	584
	5	588	592	596	600	604	608	612	616	620	623
	6	627	631	635	639	643	647	651	655	659	663
	7	667	671	675	678	682	686	690	694	698	702
	8	706	710	714	718	722	726	730	733	737	741
	9	745	749	753	757	761	765	769	773	777	781
1.02	0	35.785	788	792	796	800	804	808	812	816	820
	1	824	828	832	836	840	843	847	851	855	859
	2	863	867	871	875	879	883	887	891	895	899

R_t ↓

	3	902	906	910	914	918	922	926	930	934	938
	4	942	946	950	954	957	961	965	969	973	977
	5	981	985	989	993	997	001	005	009	013	016
	6	36, 020	024	028	032	036	040	044	048	052	056
	7	060	064	068	072	075	079	083	087	091	095
	8	099	103	107	111	115	119	123	127	131	135
	9	138	142	146	150	154	158	162	166	170	174
1,03	0	36, 178	182	186	190	194	197	201	205	209	213
	1	217	221	225	229	233	237	241	245	249	253
	2	257	260	264	268	272	276	280	284	288	292
	3	296	300	304	308	312	316	320	323	327	331
	4	335	339	343	347	351	355	359	363	367	371
	5	375	379	383	387	390	394	398	402	406	410
	6	414	418	422	426	430	434	438	442	446	450
	7	454	457	461	465	469	473	477	481	485	489
	8	493	497	501	505	509	513	517	521	524	528
	9	532	536	540	544	548	552	556	560	564	568
1,04	0	36, 572	576	580	584	588	591	595	599	603	607
	1	611	615	619	623	627	631	635	639	643	647
	2	651	655	659	662	666	670	674	678	682	686
	3	690	694	698	702	706	710	714	718	722	726
	4	730	733	737	741	745	749	753	757	761	765
	5	769	773	777	781	785	789	793	797	801	805
	6	808	812	816	820	824	828	832	836	840	844
	7	848	852	856	860	864	868	872	876	880	883
	8	887	891	895	899	903	907	911	915	919	923
	9	927	931	935	939	943	947	951	955	958	962

表 Ia

$R_t \longrightarrow S_{未修正的}$ (或$R_{1s} \longrightarrow S$)

R_t		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.05	0	36. 966	970	974	978	982	986	990	994	998	002
	1	37. 006	010	014	018	022	026	030	034	037	041
	2	045	049	053	057	061	065	069	073	077	081
	3	085	089	093	097	101	105	109	113	117	120
	4	124	128	132	136	140	144	148	152	156	160
	5	164	168	172	176	180	184	188	192	196	200
	6	203	207	211	215	219	223	227	231	235	239
	7	243	247	251	255	259	263	267	271	275	279
	8	283	287	290	294	298	302	306	310	314	318
	9	322	326	330	334	338	342	346	350	354	358
1.06	0	37. 362	366	370	374	377	381	385	389	393	397
	1	401	405	409	413	417	421	425	429	433	437
	2	441	445	449	453	457	461	465	469	472	476
	3	480	484	488	492	496	500	504	508	512	516
	4	520	524	528	532	536	540	544	548	552	556
	5	560	564	567	571	575	579	583	587	591	595
	6	599	603	607	611	615	619	623	627	631	635
	7	639	643	647	651	655	659	663	666	670	674
	8	678	682	686	690	694	698	702	706	710	714
	9	718	722	726	730	734	738	742	746	750	754
1.07	0	37. 758	762	766	770	773	777	781	785	789	793
	1	797	801	805	809	813	817	821	825	829	833
	2	837	841	845	849	853	857	861	865	869	873

	3		877	881	884	888	892	896	900	904	906	912
	4		916	920	924	928	932	936	940	944	948	952
	5		956	960	964	968	972	976	980	984	988	992
	6		996	999	003	007	011	015	019	023	027	031
	7	38,	035	039	043	047	051	055	059	063	067	071
	8		075	079	083	087	091	095	099	103	107	111
	9		115	119	122	126	130	134	138	142	146	150
1,08	0	38,	154	158	162	166	170	174	178	182	186	190
	1		194	198	202	206	210	214	218	222	226	230
	2		234	238	242	246	250	254	257	261	265	269
	3		273	277	281	285	289	293	297	301	305	309
	4		313	317	321	325	329	333	337	341	345	349
	5		353	357	361	365	369	373	377	381	385	389
	6		393	397	401	404	408	412	416	420	424	428
	7		432	436	440	444	448	452	456	460	464	468
	8		472	476	480	484	488	492	496	500	504	508
	9		512	516	520	524	528	532	536	540	544	548
1,09	0	38,	552	556	560	563	567	571	575	579	583	587
	1		591	595	599	603	607	611	615	619	623	627
	2		631	635	639	643	647	651	655	659	663	667
	3		671	675	679	683	687	691	695	699	703	707
	4		711	715	719	723	727	731	735	739	742	746
	5		750	754	758	762	766	770	774	778	782	786
	6		790	794	798	802	806	810	814	818	822	826
	7		830	834	838	842	846	850	854	858	862	866
	8		870	874	878	882	886	890	894	898	902	906
	9		910	914	918	922	926	930	934	938	942	946

表 Ⅰa

$R_t \longrightarrow S_{未修正的}$ （或$R_{15} \longrightarrow S$）

R_t		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.10	0	38.950	954	957	961	965	969	973	977	981	985
	1	989	993	997	001	005	009	013	017	021	025
	2	39.029	033	037	041	045	049	053	057	061	065
	3	069	073	077	081	085	089	093	097	101	105
	4	109	113	117	121	125	129	133	137	141	145
	5	149	153	157	161	165	169	173	177	181	185
	6	189	193	197	201	205	209	213	217	221	225
	7	229	232	236	240	244	248	252	256	260	264
	8	268	272	276	280	284	288	292	296	300	304
	9	308	312	316	320	324	328	332	336	340	344
1.11	0	39.348	352	356	360	364	368	372	376	380	384
	1	388	392	396	400	404	408	412	416	420	424
	2	428	432	436	440	444	448	452	456	460	464
	3	468	472	476	480	484	488	492	496	500	504
	4	508	512	516	520	524	528	532	536	540	544
	5	548	552	556	560	564	568	572	576	580	584
	6	588	592	596	600	604	608	612	616	620	624
	7	628	632	636	640	644	648	652	656	660	664
	8	668	672	676	680	684	688	692	696	700	704
	9	708	712	716	720	724	728	732	735	739	743
1.12	0	39.747	751	755	759	763	767	771	775	779	783
	1	787	791	795	799	803	807	811	815	819	823
	2	827	831	835	839	843	847	851	855	859	863

	3	867	871	875	879	883	887	891	895	899	903
	4	907	911	915	919	923	927	931	935	939	943
	5	947	951	955	959	963	967	971	975	979	983
	6	987	991	995	999	003	007	011	015	019	023
	7	40. 027	031	035	039	043	047	051	055	059	063
	8	067	071	075	079	083	087	091	095	099	103
	9	107	111	115	119	123	127	131	135	139	143
1.13	0	40. 147	151	155	159	163	167	171	175	180	184
	1	188	192	196	200	204	208	212	216	220	224
	2	228	232	236	240	244	248	252	256	260	264
	3	268	272	276	280	284	288	292	296	300	304
	4	308	312	316	320	324	328	332	336	340	344
	5	348	352	356	360	364	368	372	376	380	384
	6	388	392	396	400	404	408	412	416	420	424
	7	428	432	436	440	444	448	452	456	460	464
	8	468	472	476	480	484	488	492	496	500	504
	9	508	512	516	520	524	528	532	536	540	544
1.14	0	40. 548	552	556	560	564	568	572	576	580	584
	1	588	592	596	600	604	608	612	616	620	624
	2	628	632	636	640	644	648	652	656	660	664
	3	668	672	676	680	685	689	693	697	701	705
	4	709	713	717	721	725	729	733	737	741	745
	5	749	753	757	761	765	769	773	777	781	785
	6	789	793	797	801	805	809	813	817	821	825
	7	829	833	837	841	845	849	853	857	861	865
	8	869	873	877	881	885	889	893	897	901	905
	9	909	913	917	921	925	929	933	937	941	945

表 Ⅰa

$R_t \longrightarrow S_{未修正的}$(或$R_{1s} \longrightarrow S$)

R_t		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.15	0	40.949	953	957	962	966	970	974	978	982	986
	1	990	994	998	002	006	010	014	018	022	026
	2	41.030	034	038	042	046	050	054	058	062	066
	3	070	074	078	082	086	090	094	098	102	106
	4	110	114	118	122	126	130	134	138	142	146
	5	150	154	158	162	166	170	175	179	183	187
	6	191	195	199	203	207	211	215	219	223	227
	7	231	235	239	243	247	251	255	259	263	267
	8	271	275	279	283	287	291	295	299	303	307
	9	311	315	319	323	327	331	335	339	343	347
1.16	0	41.351	356	360	364	368	372	376	380	384	388
	1	392	396	400	404	408	412	416	420	424	428
	2	432	436	440	444	448	452	456	460	464	468
	3	472	476	480	484	488	492	496	500	504	508
	4	512	516	521	525	529	533	537	541	545	549
	5	553	557	561	565	569	573	577	581	585	589
	6	593	597	601	605	609	613	617	621	625	629
	7	633	637	641	645	649	653	657	661	665	670
	8	674	678	682	686	690	694	698	702	706	710
	9	714	718	722	726	730	734	738	742	746	750
1.17	0	41.754	758	762	766	770	774	778	782	786	790
	1	794	798	803	807	811	815	819	823	827	831
	2	835	839	843	847	851	855	859	863	867	871

	3		875	879	883	887	891	895	899	903	907	911
	4		915	919	923	928	932	936	940	944	948	952
	5		956	960	964	968	972	976	980	984	988	992
	6		996	000	004	008	012	016	020	024	028	032
	7	42.	036	040	044	049	053	057	061	065	069	073
	8		077	081	085	089	093	097	101	105	109	113
	9		117	121	125	129	133	137	141	145	149	153
1.18	0	42.	158	162	166	170	174	178	182	186	190	194
	1		198	202	206	210	214	218	222	226	230	234
	2		238	242	246	250	254	258	262	267	271	275
	3		279	283	287	291	295	299	303	307	311	315
	4		319	323	327	331	335	339	343	347	351	355
	5		359	363	368	372	376	380	384	388	392	396
	6		400	404	408	412	416	420	424	428	432	436
	7		440	444	448	452	456	460	465	469	473	477
	8		481	485	489	493	497	501	505	509	513	517
	9		521	525	529	533	537	541	545	549	553	557
1.19	0	42.	562	566	570	574	578	582	586	590	594	598
	1		602	606	610	614	618	622	626	630	634	638
	2		642	646	651	655	659	663	667	671	675	679
	3		683	687	691	695	699	703	707	711	715	719
	4		723	727	731	736	740	744	748	752	756	760
	5		764	768	772	776	780	784	788	792	796	800
	6		804	808	812	816	820	825	829	833	837	841
	7		845	849	853	857	861	865	869	873	877	881
	8		885	889	893	897	901	905	910	914	918	922
	9		926	930	934	938	942	946	950	954	958	962

表 Ia

$\Delta S \times 10^{3}$

—— R_t ——→

t (℃) ↓	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09	.10
−2							43	49	54	59
−1							40	45	50	55
0							37	41	46	50
1							33	38	42	46
2							30	34	38	42
3							27	31	34	38
4							25	28	31	34
5							22	25	28	30
6							19	22	24	27
7							17	19	21	23
8							15	16	18	20
9							12	14	15	17
10							10	11	13	14
11							8	9	10	11
12							6	7	7	8
13							4	4	5	5
14	方程式範囲以外						2	2	2	3

15	0	0	0	0
16	−2	−2	−2	−2
17	−4	−4	−4	−5
18	−5	−6	−7	−7
19	−7	−8	−9	−9
20	−9	−10	−11	−12
21	−10	−11	−13	−14
22	−12	−13	−14	−16
23	−13	−15	−16	−18
24	−14	−16	−18	−20
25	−16	−18	−20	−22
26	−17	−19	−22	−24
27	−19	−21	−23	−25
28	−20	−22	−25	−27
29	−21	−24	−26	−29
30	−22	−25	−28	−30
31	−23	−26	−29	−32
32	−25	−28	−31	−34
33	−26	−29	−32	−36
34	−27	−30	−34	−37
35	−28	−31	−35	−38

.11

表 Ⅱa

$\Delta S\times10^3$

R_1 →

t (℃) ↓	.11	.12	.13	.14	.15	.16	.17	.18	.19	.20
−2	64	69	74	78	83	87	91	95	99	103
−1	59	64	68	72	76	80	84	88	91	95
0	54	58	62	66	70	74	77	81	84	87
1	50	53	57	61	64	67	70	74	77	80
2	45	49	52	55	58	61	64	67	70	72
3	41	44	47	50	53	55	58	61	63	65
4	37	39	42	45	47	50	52	54	57	59
5	33	35	38	40	42	44	46	49	50	52
6	29	31	33	35	37	39	41	43	45	46
7	25	27	29	31	32	34	36	37	39	40
8	22	23	25	26	28	29	31	32	33	35
9	18	20	21	22	23	25	26	27	28	29
10	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
11	12	13	13	14	15	16	17	17	18	19
12	9	9	10	11	11	12	12	13	13	14
13	6	6	7	7	7	5	8	8	9	9
14	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

16	−3	−3	−3	−3	−3	−4	−4	−4	−4	−4
17	−5	−6	−6	−6	−7	−7	−8	−8	−8	−9
18	−8	−8	−9	−10	−10	−11	−11	−12	−12	−13
19	−10	−11	−12	−13	−13	−14	−15	−15	−16	−16
20	−13	−14	−15	−15	−16	−17	−18	−19	−20	−20
21	−15	−16	−17	−18	−19	−20	−21	−22	−23	−24
22	−17	−19	−20	−21	−22	−23	−24	−26	−27	−28
23	−19	−21	−22	−24	−25	−26	−28	−29	−30	−31
24	−22	−23	−25	−26	−28	−29	−31	−32	−33	−34
25	−24	−25	−27	−29	−30	−32	−34	−35	−36	−38
26	−26	−28	−29	−31	−33	−35	−36	−38	−40	−41
27	−28	−30	−32	−34	−35	−37	−39	−41	−43	−44
28	−29	−32	−34	−36	−38	−40	−42	−44	−45	−47
29	−31	−34	−36	−38	−40	−42	−44	−46	−48	−50
30	−33	−36	−38	−40	−43	−45	−47	−49	−51	−53
31	−35	−37	−40	−42	−45	−47	−49	−52	−54	−56
32	−37	−39	−42	−45	−47	−50	−52	−54	−56	−59
33	−38	−41	−44	−47	−49	−52	−54	−57	−59	−61
34	−40	−43	−46	−49	−51	−54	−57	−59	−61	−64
35	−41	−45	−48	−50	−53	−56	−59	−61	−64	−66

表 Ⅱa

$\Delta S \times 10^8$

— R_t →

t (℃) ↓	.21	.22	.23	.24	.25	.26	.27	.28	.29	.30
−2	107	110	114	117	120	123	126	129	131	134
−1	98	101	105	108	110	113	116	118	121	123
0	90	93	96	99	101	104	106	109	111	113
1	82	85	88	90	93	95	97	99	101	103
2	75	77	80	82	84	86	88	90	92	94
3	68	70	72	74	76	78	80	82	83	85
4	61	63	65	67	68	70	72	73	75	76
5	54	56	58	59	61	63	64	65	67	68
6	48	49	51	52	54	55	56	58	59	60
7	42	43	44	46	47	48	49	50	51	52
8	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
9	30	31	32	33	34	35	36	36	37	38
10	25	26	26	27	28	29	29	30	30	31
11	19	20	21	21	22	22	23	23	24	24
12	14	15	15	16	16	17	17	17	18	18
13	9	10	10	10	11	11	11	11	12	12
14	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6

15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	−4	−5	−5	−5	−5	−5	−5	−5	−5	−6
17	−9	−9	−9	−10	−10	−10	−10	−11	−11	−11
18	−13	−13	−14	−14	−15	−15	−15	−16	−16	−16
19	−17	−18	−18	−19	−19	−19	−20	−21	−21	−21
20	−21	−22	−22	−23	−24	−24	−25	−25	−26	−26
21	−25	−26	−26	−27	−28	−29	−29	−30	−31	−31
22	−29	−30	−30	−31	−32	−33	−34	−34	−35	−36
23	−32	−33	−34	−35	−36	−37	−38	−39	−40	−40
24	−36	−37	−38	−39	−40	−41	−42	−43	−44	−45
25	−39	−40	−42	−43	−44	−45	−46	−47	−48	−49
26	−42	−44	−45	−46	−48	−49	−50	−51	−52	−53
27	−46	−47	−49	−50	−51	−53	−54	−55	−56	−57
28	−49	−50	−52	−53	−55	−56	−58	−59	−60	−61
29	−52	−54	−55	−57	−58	−60	−61	−63	−64	−65
30	−55	−57	−58	−60	−62	−63	−65	−66	−67	−69
31	−58	−60	−62	−63	−65	−67	−68	−70	−71	−72
32	−61	−63	−65	−66	−68	−70	−71	−73	−75	−76
33	−63	−65	−67	−69	−71	−73	−75	−76	−78	−79
34	−66	−68	−70	−72	−74	−76	−78	−80	−81	−83
35	−69	−71	−73	−75	−77	−79	−81	−83	−84	−86

表 Ⅱa

$\Delta S \times 10^3$

— R_i →

t (℃) ↓	.31	.32	.33	.34	.35	.36	.37	.38	.39	.40
−2	136	138	140	142	144	146	147	149	150	151
−1	125	127	129	131	133	134	136	137	138	139
0	115	117	118	120	122	123	124	126	127	128
1	105	107	108	110	111	112	114	115	116	117
2	95	97	98	100	101	102	103	104	105	106
3	86	88	89	90	91	93	94	94	95	96
4	78	79	80	81	82	83	84	85	86	86
5	69	70	71	72	73	74	75	76	76	77
6	61	62	63	64	65	65	66	67	67	68
7	53	54	55	56	56	57	58	58	59	59
8	46	46	47	48	48	49	50	50	51	51
9	39	39	40	40	41	41	42	42	43	43
10	32	32	33	33	33	34	34	35	35	35
11	25	25	26	26	26	27	27	27	27	28
12	18	19	19	19	19	20	20	20	20	20
13	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13
14	6	6	6	6	6	6	6	6	7	7
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

16	—6	—6	—6	—6	—6	—6	—6	—6	—6	—5
17	—11	—11	—12	—12	—12	—12	—12	—12	—12	—12
18	—17	—17	—17	—17	—18	—18	—18	—18	—18	—18
19	—22	—22	—22	—23	—23	—23	—24	—24	—24	—24
20	—27	—27	—28	—28	—28	—29	—29	—29	—30	—30
21	—32	—32	—33	—33	—34	—34	—34	—35	—35	—35
22	—36	—37	—38	—38	—39	—39	—39	—40	—40	—41
23	—41	—42	—42	—43	—43	—44	—44	—45	—45	—46
24	—46	—46	—47	—48	—48	—49	—49	—50	—50	—51
25	—50	—51	—51	—52	—53	—53	—54	—55	—55	—56
26	—54	—55	—56	—57	—57	—58	—59	—59	—60	—60
27	—58	—59	—60	—61	—62	—62	—63	—64	—64	—65
28	—62	—63	—64	—65	—66	—67	—67	—68	—69	—69
29	—66	—67	—68	—69	—70	—71	—72	—72	—73	—74
30	—70	—71	—72	—73	—74	—75	—76	—77	—77	—78
31	—74	—75	—76	—77	—78	—79	—80	—81	—81	—82
32	—77	—79	—80	—81	—82	—83	—84	—85	—85	—86
33	—81	—82	—83	—84	—86	—87	—88	—88	—89	—90
34	—84	—86	—87	—88	—89	—90	—91	—92	—93	—94
35	—88	—89	—90	—92	—93	—94	—95	—96	—97	—97

表 Ⅱa

$\Delta S \times 10^3$

t (℃) ↓ \ R_t →	.41	.42	.43	.44	.45	.46	.47	.48	.49	.50
−2	152	153	154	155	155	156	156	156	156	156
−1	140	141	142	143	143	143	144	144	144	144
0	129	130	130	131	131	132	132	132	132	132
1	118	118	119	119	120	120	121	121	121	121
2	107	108	108	109	109	109	110	110	110	110
3	97	97	98	98	99	99	99	99	99	99
4	87	87	88	88	89	89	89	89	89	89
5	78	78	78	79	79	79	79	80	80	80
6	68	69	69	70	70	70	70	70	70	70
7	60	60	60	61	61	61	61	61	61	61
8	51	52	52	52	52	52	53	53	53	53
9	43	43	44	44	44	44	44	44	44	44
10	35	36	36	36	36	36	36	36	36	36
11	28	28	28	28	28	28	28	29	29	29
12	20	21	21	21	21	21	21	21	21	21
13	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14
14	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

16	−6	−6	−6	−6	−7	−7	−7	−7	−7	−7
17	−13	−13	−13	−13	−13	−13	−13	−13	−13	−13
18	−19	−19	−19	−19	−19	−19	−19	−19	−19	−19
19	−24	−25	−25	−25	−25	−25	−25	−25	−25	−25
20	−30	−30	−30	−31	−31	−31	−31	−31	−31	−31
21	−36	−36	−36	−36	−36	−36	−36	−36	−36	−36
22	−41	−41	−41	−41	−42	−42	−42	−42	−42	−42
23	−46	−46	−47	−47	−47	−47	−47	−47	−47	−47
24	−51	−51	−52	−52	−52	−52	−52	−52	−52	−52
25	−56	−56	−57	−57	−57	−57	−57	−57	−57	−57
26	−61	−61	−61	−62	−62	−62	−62	−62	−62	−62
27	−65	−66	−66	−66	−67	−67	−67	−67	−67	−67
28	−70	−70	−71	−71	−71	−71	−71	−72	−72	−72
29	−74	−75	−75	−75	−76	−76	−76	−76	−76	−76
30	−78	−79	−79	−80	−80	−80	−80	−80	−80	−80
31	−83	−83	−83	−84	−84	−84	−85	−85	−85	−85
32	−87	−87	−88	−88	−88	−89	−89	−89	−89	−89
33	−91	−91	−92	−92	−92	−93	−93	−93	−93	−93
34	−94	−95	−95	−96	−96	−97	−97	−97	−97	−97
35	−98	−99	−99	−100	−100	−100	−101	−101	−101	−101

表 Ⅱa

$\Lambda S \times 10^3$

— R_i →

t (℃) ↓	.51	.52	.53	.54	.55	.56	.57	.58	.59	.60
−2	156	156	155	155	154	153	152	151	150	149
−1	144	143	143	143	142	144	140	139	138	137
0	132	132	131	131	130	130	129	128	127	126
1	121	120	120	119	119	118	118	117	116	115
2	110	109	109	109	108	108	107	106	105	105
3	99	99	99	98	98	97	97	96	95	95
4	89	89	89	88	88	87	87	86	86	85
5	79	79	79	79	78	78	78	77	76	76
6	70	70	70	70	69	69	68	68	67	67
7	61	61	61	61	60	60	60	59	59	58
8	53	52	52	52	52	52	51	51	51	50
9	44	44	44	44	44	43	43	43	43	42
10	36	36	36	36	36	36	35	35	35	35
11	28	28	28	28	28	28	28	28	27	27
12	21	21	21	21	21	21	20	20	20	20
13	14	14	14	14	14	14	13	13	13	13
14	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

16	−7	−7	−7	−6	−6	−6	−6	−6	−6	−6
17	−13	−13	−13	−13	−13	−13	−13	−12	−12	−12
18	−19	−19	−19	−19	−19	−19	−19	−18	−18	−18
19	−25	−25	−25	−25	−25	−25	−24	−24	−24	−24
20	−31	−31	−31	−31	−30	−30	−30	−30	−30	−29
21	−36	−36	−36	−36	−36	−36	−36	−35	−35	−35
22	−42	−42	−42	−41	−41	−41	−41	−41	−40	−40
23	−47	−47	−47	−47	−47	−46	−46	−46	−45	−45
24	−52	−52	−52	−52	−52	−51	−51	−51	−50	−50
25	−57	−57	−57	−57	−57	−56	−56	−56	−55	−55
26	−62	−62	−62	−62	−61	−61	−61	−60	−60	−59
27	−67	−67	−67	−66	−66	−66	−65	−65	−64	−64
28	−71	−71	−71	−71	−71	−70	−70	−69	−69	−68
29	−76	−76	−76	−75	−75	−75	−74	−74	−73	−72
30	−80	−80	−80	−80	−79	−79	−78	−78	−77	−77
31	−85	−84	−84	−84	−83	−83	−83	−82	−81	−81
32	−89	−89	−88	−88	−88	−87	−87	−86	−85	−85
33	−93	−93	−92	−92	−92	−91	−91	−90	−89	−88
34	−97	−96	−96	−96	−95	−95	−94	−94	−93	−92
35	−101	−100	−100	−100	−99	−99	−98	−97	−97	−96

表 I a

$\Delta S \times 10^3$

t (℃) ↓ \ R_t →	.61	.62	.63	.64	.65	.66	.67	.68	.69	.70
−2	147	146	144	142	141	139	136	134	132	129
−1	136	134	133	131	129	128	126	123	121	119
0	125	123	122	120	119	117	115	113	111	109
1	114	113	111	110	108	107	105	103	102	100
2	104	102	101	100	99	97	96	94	92	91
3	94	93	92	90	89	88	87	85	84	82
4	84	83	82	81	80	79	78	77	75	74
5	75	74	73	72	71	70	69	68	67	66
6	66	66	65	64	63	62	61	60	59	58
7	58	57	57	56	55	54	53	53	52	51
8	50	49	49	48	47	47	46	45	44	43
9	42	41	41	40	40	39	39	38	37	37
10	34	34	33	33	33	32	32	31	31	30
11	27	27	26	26	26	25	25	24	24	24
12	20	20	19	19	19	19	18	18	18	17
13	13	13	13	13	12	12	12	12	12	11
14	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

16	−6	−6	−6	−6	−6	−6	−6	−6	−6	−5
17	−12	−12	−12	−12	−12	−11	−11	−11	−11	−11
18	−18	−18	−18	−17	−17	−17	−17	−16	−16	−16
19	−24	−23	−23	−23	−23	−22	−22	−21	−21	−21
20	−29	−29	−28	−28	−28	−27	−27	−26	−26	−25
21	−34	−34	−34	−33	−33	−32	−32	−31	−31	−30
22	−40	−39	−39	−38	−38	−37	−37	−36	−35	−35
23	−45	−44	−44	−43	−42	−42	−41	−40	−40	−39
24	−49	−49	−48	−48	−47	−46	−46	−45	−44	−43
25	−54	−54	−53	−52	−52	−51	−50	−49	−48	−47
26	−59	−58	−57	−57	−56	−55	−54	−53	−52	−51
27	−63	−62	−62	−61	−60	−59	−58	−57	−56	−55
28	−67	−67	−66	−65	−64	−63	−62	−61	−60	−59
29	−72	−71	−70	−69	−68	−67	−66	−65	−64	−63
30	−76	−75	−74	−73	−72	−71	−70	−69	−68	−66
31	−80	−79	−78	−77	−76	−75	−74	−73	−71	−70
32	−84	−83	−82	−81	−80	−79	−77	−76	−75	−73
33	−88	−87	−86	−85	−83	−82	−81	−80	−78	−77
34	−91	−90	−89	−88	−87	−86	−84	−83	−82	−80
35	−95	−94	−93	−92	−90	−89	−88	−86	−8[illegible]	−83

表 Ia

$\Delta S \times 10^3$

—— R_1 ⟶

t (℃) ↓	.71	.72	.73	.74	.75	.76	.77	.78	.79	.80
−2	127	124	121	118	115	112	108	105	101	98
−1	117	114	111	109	106	103	100	97	93	90
0	107	105	102	100	97	94	91	89	86	82
1	98	96	93	91	89	86	84	81	78	75
2	89	87	85	83	81	78	76	74	71	69
3	80	79	77	75	73	71	69	67	64	62
4	72	71	69	67	66	64	62	60	58	56
5	64	63	62	60	58	57	55	53	52	50
6	57	56	54	53	52	50	49	47	45	44
7	50	49	47	46	45	44	42	41	40	38
8	43	42	41	40	39	38	36	35	34	33
9	36	35	34	33	33	32	31	30	29	28
10	29	29	28	27	27	26	25	24	23	23
11	23	23	22	22	21	20	20	19	18	18
12	17	17	16	18	15	15	15	14	14	13
13	11	11	11	10	10	10	10	9	9	9
14	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

16	—5	—5	—5	—5	—5	—5	—5	—4	—4	—4
17	—10	—10	—10	—10	—9	—9	—9	—9	—8	—8
18	—15	—15	—15	—14	—14	—14	—13	—13	—12	—12
19	—20	—20	—19	—19	—18	—18	—17	—17	—16	—16
20	—25	—24	—24	—23	—23	—22	—21	—21	—20	—19
21	—30	—29	—28	—27	—27	—26	—25	—24	—24	—23
22	—34	—33	—32	—32	—31	—30	—29	—28	—27	—26
23	—38	—37	—37	—36	—35	—34	—33	—32	—31	—29
24	—42	—41	—40	—39	—38	—37	—36	—35	—34	—33
25	—46	—45	—44	—43	—45	—41	—40	—38	—37	—36
26	—50	—49	—48	—47	—46	—44	—43	—42	—40	—39
27	—54	—53	—52	—51	—49	—58	—46	—45	—43	—42
28	—58	—57	—55	—54	—53	—51	—50	—48	—46	—45
29	—62	—60	—59	—57	—56	—54	—53	—51	—49	—47
30	—65	—64	—62	—61	—59	—57	—56	—54	—52	—50
31	—69	—67	—66	—64	—62	—60	—59	—57	—55	—53
32	—72	—70	—69	—67	—65	—63	—62	—60	—58	—55
33	—75	—74	—72	—70	—68	—66	—64	—62	—60	—59
34	—78	—77	—75	—73	—71	—69	—67	—65	—63	—60
35	—81	—80	—79	—76	—74	—72	—70	—68	—65	—63

表 Ⅱa

$\Delta S \times 10^{3}$

t (℃) ↓ \ R_t →	.81	.82	.83	.84	.85	.86	.87	.88	.89	.90
−2	94	90	86	82	77	73	69	64	59	54
−1	86	83	79	75	71	67	63	59	55	50
0	79	76	73	69	65	62	58	54	50	46
1	72	69	66	63	60	56	53	49	46	42
2	66	63	60	57	54	51	48	45	42	38
3	60	57	55	52	49	46	44	41	38	35
4	54	51	49	47	44	42	39	37	34	31
5	48	46	44	42	39	37	35	33	30	28
6	42	40	39	37	35	33	31	29	27	24
7	37	35	34	32	30	29	27	25	23	21
8	32	30	29	27	26	25	23	22	20	18
9	27	25	24	23	22	21	19	18	17	15
10	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13
11	17	16	16	15	14	13	13	12	11	10
12	13	12	12	11	10	10	9	9	8	7
13	8	8	8	7	7	6	6	6	5	5
14	4	4	4	4	3	3	3	3	3	2
15		0	0	0	0	0	0	0	0	0

.81

16	−4	−4	−4	−3	−3	−3	−3	−3	−2	−2
17	−8	−7	−7	−7	−6	−6	−6	−5	−5	−4
18	−11	−11	−10	−10	−9	−9	−8	−8	−7	−7
19	−15	−14	−14	−13	−12	−12	−11	−10	−9	−9
20	−18	−18	−17	−16	−15	−14	−14	−13	−12	−11
21	−22	−21	−20	−19	−18	−17	−16	−15	−14	−13
22	−25	−24	−23	−22	−21	−20	−18	−17	−16	−15
23	−28	−27	−26	−25	−23	−22	−21	−19	−18	−16
24	−31	−30	−29	−27	−26	−24	−23	−21	−20	−18
25	−34	−33	−31	−30	−28	−27	−25	−23	−22	−20
26	−37	−36	−34	−33	−31	−29	−27	−25	−24	−22
27	−40	−38	−37	−35	−33	−31	−29	−27	−25	−23
38	−43	−41	−39	−37	−35	−33	−31	−29	−27	−25
29	−46	−44	−42	−40	−38	−36	−33	−31	−29	−26
30	−48	−46	−44	−42	−40	−38	−35	−33	−30	−28
31	−51	−49	−47	−44	−42	−40	−37	−35	−32	−29
32	−53	−51	−49	−46	−44	−42	−39	−36	−34	−31
33	−56	−53	−51	−49	−46	−43	−41	−38	−35	−32
34	−58	−56	−53	−51	−48	−45	−42	−40	−37	−34
35	−60	−58	−55	−53	−50	−47	−44	−41	−38	−35

表 Ⅱa

$\Delta S\times10^3$

R_1 →

t (℃) ↓	.91	.92	.93	.94	.95	.96	.97	.98	.99	1.00
−2	49	44	39	34	29	23	17	12	6	0
−1	46	41	36	31	26	21	16	11	5	0
0	42	38	33	29	24	20	15	10	5	0
1	38	34	30	26	22	18	13	9	5	0
2	35	31	28	24	20	16	12	8	4	0
3	31	28	25	22	18	15	11	7	4	0
4	28	25	22	19	16	13	10	7	3	0
5	25	23	20	17	15	12	9	6	3	0
6	22	20	18	15	13	10	8	5	3	0
7	19	17	15	13	11	9	7	5	2	0
8	17	15	13	11	10	8	6	4	2	0
9	14	13	11	10	8	7	5	3	2	0
10	11	10	9	8	7	5	4	3	1	0
11	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
12	7	6	5	5	4	3	2	2	1	0
13	4	4	3	3	3	2	2	1	1	0
14	2	2	2	1	1	1	1	1	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

16	−[illegible]	−2	−2	−1	−1	−1	−1	0	0	0
17	−4	−4	−3	−3	−2	−2	−1	−1	0	0
18	−6	−5	−5	−4	−3	−3	−2	−1	−1	0
19	−8	−7	−6	−5	−5	−4	−3	−2	−1	0
20	−10	−9	−8	−7	−6	−5	−3	−2	−1	0
21	−12	−10	−9	−8	−7	−5	−4	−3	−1	0
22	−13	−12	−11	−9	−8	−6	−5	−3	−2	0
23	−15	−13	−12	−10	−9	−7	−5	−4	−2	0
24	−17	−15	−13	−11	−10	−8	−6	−4	−2	0
25	−18	−16	−14	−12	−10	−8	−6	−4	−2	0
26	−20	−18	−16	−14	−11	−9	−7	−5	−2	0
27	−21	−19	−17	−15	−12	−10	−7	−5	−3	0
28	−23	−20	−18	−16	−13	−11	−8	−5	−3	0
29	−24	−22	−19	−17	−14	−11	−9	−6	−3	0
30	−25	−23	−20	−17	−15	−12	−9	−6	−3	0
31	−27	−24	−21	−18	−15	−13	−9	−6	−3	0
32	−28	−25	−22	−19	−16	−13	−10	−7	−3	0
33	−29	−26	−23	−20	−17	−14	−10	−7	−4	0
34	−31	−28	−24	−21	−18	−14	−11	−7	−4	0
35	−32	−29	−25	−22	−18	−15	−11	−8	−4	0

表 IIa

$\Delta S \times 10^3$

t (℃) ↓ \ R_t →	1.01	1.02	1.03	1.04	1.05	1.06	1.07	1.08	1.09	1.10
−2	−6	−12	−18	−25	−31	−38	−45	−51	−58	−65
−1	−6	−11	−17	−23	−29	−35	−41	−47	−54	−60
0	−5	−10	−16	−21	−26	−32	−38	−43	−49	−55
	−5	−9	−14	−19	−24	−29	−34	−40	−45	−50
2	−4	−9	−13	−17	−22	−27	−31	−36	−41	−46
3	−4	−8	−12	−16	−20	−24	−28	−33	−37	−41
4	−3	−7	−11	−14	−18	−22	−25	−29	−33	−37
5	−3	−6	−9	−13	−16	−19	−23	−26	−30	−33
6	−3	−4	−8	−11	−14	−17	−20	−23	−26	−29
7	−2	−5	−7	−10	−12	−15	−17	−20	−23	−26
8	−2	−5	−6	−8	−11	−13	−15	−17	−20	−22
9	−2	−3	−5	−7	−9	−11	−13	−15	−17	−19
10	−1	−3	−4	−6	−7	−9	−10	−12	−14	−15
11	−1	−2	−3	−5	−6	−7	−8	−9	−11	−12
12	−1	−2	−2	−3	−4	−5	−6	−7	−8	−9
13	−1	−1	−2	−2	−3	−3	−4	−5	−5	−6
14	0	−1	−1	−1	−1	−2	−2	−2	−3	−3
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

16	0	1	1	1	1	2	2	2	2	3
17	0	1	2	2	3	3	4	4	5	5
18	1	1	2	3	4	5	5	6	7	8
19	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
20	1	2	4	5	6	7	9	10	11	13
21	1	3	4	6	7	9	10	12	14	15
22	2	3	5	7	8	10	12	14	16	18
23	2	4	6	7	9	11	13	16	18	20
24	2	4	6	8	10	13	15	17	20	22
25	2	4	7	9	11	14	16	19	21	24
26	2	5	7	10	12	15	18	20	23	26
27	3	5	8	11	13	16	10	22	25	28
28	3	6	8	11	14	17	20	24	27	30
29	3	6	9	12	15	18	22	25	28	32
30	3	6	10	13	16	20	23	26	30	34
31	3	7	10	13	17	21	24	28	32	35
32	3	7	10	14	18	22	25	29	33	37
33	4	7	11	15	19	23	26	31	35	39
34	4	8	11	15	19	23	28	32	36	40
35	4	8	12	16	20	24	29	33	38	42

表 IIa

$\Delta S \times 10^3$

$\longrightarrow R_1 \longrightarrow$

t (℃) ↓	1.11	1.12	1.13	1.14	1.15	1.16	1.17	1.18	1.19	1.20
−2	−72	−80	−37	−94	−102	−110	−117	−125	−133	−141
−1	−67	−73	−80	−87	−94	−101	−108	−115	−123	−130
0	−61	−67	−73	−80	−86	−93	−99	−106	−112	−119
1	−56	−61	−67	−73	−79	−85	−91	−97	−103	−109
2	−51	−56	−61	−66	−72	−77	−82	−88	−93	−99
3	−46	−51	−55	−60	−65	−70	−75	−80	−85	−90
4	−41	−45	−50	−54	−58	−63	−67	−71	−76	−81
5	−37	−41	−44	−48	−52	−56	−60	−64	−68	−72
6	−33	−36	−39	−42	−46	−49	−53	−56	−60	−63
7	−28	−31	−34	−37	−40	−43	−46	−49	−52	−55
8	−24	−27	−29	−32	−34	−37	−39	−42	−45	−48
9	−21	−23	−25	−27	−29	−31	−33	−35	−38	−40
10	−17	−18	−20	−22	−24	−25	−27	−29	−31	−33
11	−13	−15	−16	−17	−19	−20	−21	−23	−24	−26
12	−10	−11	−12	−13	−14	−15	−16	−17	−18	−19
13	−6	−7	−8	−8	−9	−10	−10	−11	−12	−12
14	−3	−3	−4	−4	−4	−5	−5	−5	−6	−6
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

16	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6
17	6	7	7	8	8	9	10	10	11	12
18	9	10	11	12	12	13	14	15	16	17
19	12	13	14	15	16	18	19	20	21	23
20	14	16	17	19	20	22	23	25	26	28
21	17	19	20	22	24	26	27	29	31	33
22	19	21	23	25	27	29	31	34	36	38
23	22	24	26	29	31	33	35	38	40	43
24	24	27	29	32	34	37	39	42	45	47
25	27	29	32	35	37	40	43	46	49	52
26	29	32	35	38	41	44	47	50	53	56
27	31	34	37	40	44	47	50	54	57	60
28	33	36	40	43	47	50	54	57	61	65
29	35	39	42	46	50	53	57	61	65	69
30	37	41	45	49	52	56	60	64	68	73
31	39	43	47	51	55	59	64	68	72	76
32	41	45	49	54	58	62	67	71	76	80
33	43	47	52	56	61	65	70	74	79	84
34	45	49	54	58	63	68	73	78	82	87
35	47	51	56	61	66	71	76	81	86	91

内插表 Ⅰb

$\delta S = 3 \times 10^{-3}$

$\delta R(\times 10^5)$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\Delta S(\times 10^3)$	0	1	1	1	2	2	2	2	3

$\delta S = 4 \times 10^{-3}$

$\delta R(\times 10^5)$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\Delta S(\times 10^3)$	0	1	1	2	2	2	3	3	4

内插表 Ⅰb

		δR (×10^3) 或 δ_t (×10)								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
δS (×10^3)	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1
	2	0	0	1	1	1	1	1	2	2
	3	0	1	1	1	2	2	2	2	3
	4	0	1	1	2	2	2	3	3	4
	5	1	1	2	2	3	3	4	4	5
	6	1	1	2	2	3	4	4	5	5
	7	1	1	2	3	4	4	5	6	6
	8	1	2	2	3	4	5	6	6	7
	9	1	2	3	4	5	5	6	7	8
	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	11	1	2	3	4	6	7	8	9	10
	12	1	2	4	5	6	7	8	10	11
	13	1	3	4	5	7	8	9	10	12